

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE
DE LYON

Année 1981 - N. 74

LE LACTOSÉRUM BRUT
DANS L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE

THESE
présentée
à l'Université Claude-Bernard - LYON
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 18 décembre 1981
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Denis GRANCHER
né le 24 septembre 1955
à Talence (Gironde)





Digitized by the Internet Archive
in 2026

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE
DE LYON

Année 1981 - N.

LE LACTOSÉRUM BRUT
DANS L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 18 décembre 1981
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Denis GRANCHER

né le 24 septembre 1955

à Talence (Gironde)



1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000



1000 350000 1000000

1000 350000 1000000

1000 350000 1000000



Directeur : Professeur Philippe COTTEREAU

CHAIRES	Professeurs	Professeurs sans Chaire	Maîtres de Conférences	Maîtres Assistants Agrégés	Maîtres Assistants	Assistants
Alimentation	M. JEAN-BLAIN	-	-	-	-	M. GRANCHER
Anatomie		-	-	-	M. DENOIX	M. SARSAT
Chirurgie	M. COULON	-	-	-	M. FAU	M. SAUGUES
Histologie-Anatomie	M. TISSEUR	M. CASTELLU	-	-	-	Mme GRANCHER-WATRELOT
Hygiène et Industrie des Aliments d'origine animale	M. CHANTEGRELET	-	-	-	M. DEMONT	
Maladies contagieuses	M. JOUBERT	M. PRAVE	-	-	M. CHOMEL	M. DUCLOS M. KOLMER
Parasitologie	M. EUZEBY		M. GEVREY	-	Mme CHAUVE	M. NGO TAN HUI
Pathologie Générale-Microbiologie - Immunologie	M. OUDAR	-	M. RICHARD	-	Mme GUERIN	M. GUERIN
Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	M. COTTEREAU	-	Mme BRUGERIE	-	M. THIN	Melle VITALLARD
Pathologie médicale des équidés et des carnivores	M. FONTAINE	M. CLERC	-	M. LEGEAY	-	M. BOUVIER
Pathologie de la reproduction	M. BERTRAND	M. DESCHANEL	-	-	Mme RACHAIL	M. NODET
Pharmacie-Toxicologie	M. LORQUE	-	M. KECK	-	M. JAUSSAUD	Mme PEPIN-RICHARD
Physiologie	M. BOST	M. BOIVIN	-	-	-	M. THIEBAULT
Physique-Chimie	M. DELATOUR	-	-	-	M. GARNIER	Melle MARTIN
Zootéchnie	M. FROGET	M. FRANCK	-	-	Mme GRAIN	Mme LEFEBVRE LENOIR

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS.

A Monsieur le Professeur BERTOYE

de la faculté mixte de Médecine et de Pharmacie
de LYON

*Il nous a fait le très grand plaisir
d'accepter la présidence de notre jury de thèse.
Respectueux hommages.*

A Monsieur le Professeur JEAN-BLAIN

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON

*Il nous a accueilli très chaleureusement
dans son service et sa disponibilité et ses conseils
avertis de tous les instants ont permis la réalisation
de ce travail qu'il nous a inspiré. Nous le
prions de croire à notre immense gratitude et à
notre profonde estime.*

A Monsieur le Professeur FROGET

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON

*Il a accepté avec plaisir de siéger à
notre jury de thèse. Qu'il veuille bien agréer
avec notre déférence le témoignage de notre reconnaissance.*

A tous les membres du laboratoire de la Chaire
de Botanique appliquée, Nutrition et Alimentation
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON

*Leur compétence, leur gentillesse et leur
bonne humeur ont grandement aidé la réalisation
de ce travail, tant au laboratoire que sur le
terrain.*

*Qu'ils trouvent ici l'expression de ma pro-
fonde reconnaissance.*

A Messieurs DERRIEN et COFFY, de la Fromagerie
BRESSE-BLEU à Servas (Ain)

*Leur aide efficace sur le terrain a énormément
facilité notre tâche.*

*Qu'ils veuillent bien agréer l'expression
de nos plus sincères remerciements.*

CHAPITRE PREMIER

=====

Le lactosérum : résidu polluant ou matière première intéressante ?

INTRODUCTION

UTILISATION ACTUELLE :

- 1 - L'épandage
- 2 - Le traitement en station d'épuration
- 3 - Les porcheries d'engraissement
- 4 - Séchage et fabrication de poudre.

NOUVEAUX DEBOUCHES :

- 1 - En alimentation humaine
 - 2 - En alimentation animale
 - 3 - Valorisation industrielle du lactosérum
 - 3-1 Concentration, dessiccation
 - 3-2 Désacidification
 - 3-3 Déminéralisation
 - 3-4 Déprotéinisation
 - 4 - Les jus lactosés et leur transformation
 - 4-1 Composition des jus lactosés
 - 4-2 Traitements industriels
-

CHAPITRE PREMIER

=====

Le lactosérum : résidu polluant ou matière première intéressante ?

INTRODUCTION :

=====

Dès que l'homme entreprit de faire du fromage cinq siècles environ avant l'ère chrétienne, il se trouva confronté au sous-produit de sa fabrication, le petit lait, et il chercha à en tirer quelque chose, n'importe quoi finalement, de façon que ce liquide vert jaunâtre ne soit plus là le jour suivant à lui poser des problèmes.

Au cours des premiers siècles et jusqu'à un passé récent, nos ancêtres, avec leurs moyens, firent de leur mieux pour tirer parti du lactosérum de différentes façons et, chaque fois que cela a été possible, réussirent.

Au Moyen-Age par exemple, le petit lait était employé comme médicament, comme lotion pour les soins de l'épiderme, comme potion revigorante, comme remède contre la chute des cheveux et il entra dans la composition d'onguents lénitifs utilisés pour soigner les brûlures mais il était rarement employé comme aliment pour l'homme.

Lorsque la consommation de fromage a augmenté, on s'est trouvé en face d'un volume croissant de petit lait dont on ne savait que faire.

Le ruisseau ou le fleuve furent des émonctoires bien "accueillant". Mais la protection de l'environnement venant à l'ordre du jour, de nouvelles réglementations posèrent le problème du lactosérum avec une acuité accrue.

L'industrie fromagère française produit en effet chaque année 1 000 000 tonnes de fromage et 8 milliards de litres de lactosérum représentant presque 500 000 tonnes de matière sèche.

Ce sous-produit est extrêmement gênant pour l'industriel fromager en raison de son pouvoir polluant élevé et la production en constante évolution se heurte à un problème de débouchés.

La demande biologique en oxygène, au bout de cinq jours est de l'ordre de 30 à 50 g/litre.

UTILISATION ACTUELLE

Il est nécessaire d'écarter tout d'abord les pratiques du rejet en rivière ; en effet, ses conséquences déjà désastreuses sur l'environnement, ne peuvent plus être tolérées compte-tenu de la concentration des fromageries et de l'augmentation de leurs capacités.

Les solutions pratiquées étaient au nombre de quatre, les deux premières consistant en l'abandon pur et simple du produit.

1 - L'EPANDAGE

Couramment pratiqué par les fromageries il y a quelques années, il l'est encore mais à un moindre degré. On compte généralement qu'un hectare peut absorber 10 000 litres de sérum, une vingtaine de fois par an. Il s'agit là d'une moyenne extrêmement variable suivant le climat et la qualité des sols.

Cette pratique trouve cependant sa limite en raison de l'exiguité des surfaces utilisables par rapport à la production de pointe, de la saturation des sols pendant les périodes pluvieuses, de la présence des cultures et de la nécessité enfin de rechercher des champs proches de l'usine.

2 - LE TRAITEMENT EN STATION D'EPURATION :

Pratiqué encore de façon ponctuelle et aux périodes de pointe de la production, cette technique a un coût d'exploitation, amortissement compris d'environ 0,10 F par litre de sérum traité. Ce chiffre exclut cette solution comme débouché systématique pour le lactosérum.

3 - LES PORCHERIES D'ENGRAISSEMENT :

Cette utilisation est certainement la plus ancienne. Chaque fromagerie possédait sa porcherie et alimentait en outre les porcheries fermières environnantes.

Encore largement pratiquée, cette utilisation ne satisfait plus à la production toujours croissante du sérum pour différentes raisons :

- les variations du cours du porc.
- les problèmes de gestion posés par la nécessité d'avoir des bandes de porc toujours plus nombreuses pour absorber la production de lactosérum.
- les problèmes d'effluents (lisiers) trop onéreux à épurer et trop polluants pour être répandus de façon systématique.

En définitive, avec les réserves qu'appellent son pouvoir polluant, le lactosérum distribué en porcheries ne peut s'appliquer qu'à certaines fructières ou en montagne.

4 - SECHAGE OU FABRICATION DE POUDRE DE LACTOSERUM :

Jusqu'à ces dernières années, le séchage pour la fabrication de poudre constituait la destination principale du sérum. Cette poudre, dans sa majeure partie entrait dans la composition d'aliments d'allaitement pour

veaux. Mais devant les stocks de poudre de lait très excédentaires pour toute la CEE, la priorité économique fut donnée au lait, ce qui n'arrange pas les problèmes de débouché du sérum.

De plus, devant le coût toujours plus élevé de l'énergie, cette solution bien que pratique pour le stockage des surplus trouve de moins en moins d'approbation dans les milieux fromagers.

NOUVEAUX DEBOUCHES

Devant toutes ces contingences, de nouveaux débouchés ont été recherchés. Si certains sont utilisés, de nombreux sont encore à l'étude à l'heure actuelle.

1 - EN ALIMENTATION HUMAINE

Les qualités intrinsèques des composants du lactosérum en font un produit noble.

Le LACTOSE, principal composant, en fait un aliment énergétique.

Les PROTEINES du lactosérum (voir après) sont d'une qualité voisine de celles de l'oeuf ou de la caséine et il paraît pour le moins judicieux d'utiliser leurs propriétés au service de l'homme.

La France dans ce domaine reste en queue des pays européens, eux-mêmes à bonne distance des USA où en 1975, 50% du sérum séché était destiné à l'alimentation humaine contre 5% en France.

Aux USA les produits dérivés du lactosérum concernent pour près des deux tiers, quatre industries alimentaires : boulangerie, biscuiterie, pâtisserie, confiserie et la fabrication de crèmes glacées et de sorbets.

Les utilisations sont nombreuses et bien que leur gamme soit étendue, les marchés sont relativement étroits et susceptibles d'être rapidement saturés.

De grands espoirs sont mis dans le développement de l'industrie du fractionnement du sérum.

2 - EN ALIMENTATION ANIMALE

Depuis quelques temps ont été étudiées les modalités d'utilisation du lactosérum concentré à 50-60% d'extrait sec dans l'alimentation des porcs et des volailles.

Depuis peu, on met au point l'utilisation du lactosérum concentré à 30% d'extrait sec pour l'alimentation soit comme aliment mélangé à des sources azotées complémentaires, soit comme conservateur dans les ensilages d'herbe. Ces procédés en cours d'étude ouvrent des horizons prometteurs ne serait-ce que par le fait que, s'adressant à l'alimentation d'animaux adultes, le débouché potentiel est beaucoup plus large que celui d'aliment d'allaitement.

Dans le même ordre d'idées, et déjà en pratique, depuis quelques années, le lactosérum liquide - en général écrémé - semble trouver une audience grandissante auprès des industriels fromagers et des éleveurs.

3 - PROCEDES INDUSTRIELS DE TRANSFORMATION

3-1 Concentration-Dessication

Ce sont la concentration et le séchage dont le produit final est la poudre contenant environ 96% de matière sèche - selon le degré de concentration, on peut citer les produits intermédiaires suivants :

- les sérums préconcentrés : 18-36% M.S., produits destinés au transport.
- les sérums concentrés destinés au séchage (40-60% MS).
- les mélasses de sérums : concentrés à haute teneur en MS, (jusqu'à 70% MS), encore peu répandus, obtenus par cristallisation en masse ou par finition spéciale, ils pourraient constituer un succédané des mélasses d'origine végétale.

La concentration des sérums s'effectue de différentes manières :

- concentration à froid par osmose inverse.
- concentration à chaud par évaporation.

Le séchage des lactosérums absorbe en France la fraction la plus importante du sérum traité, les procédés sont :

- séchage Spray (deux-tiers de la production française)
- séchage Hatmaker (en voie d'abandon)
- sécheur à billes (non encore développé en France).

3-2 Désacidification

Appliquée aux lactosérums acides surtout ; elle peut se faire directement par usage d'un neutralisant chimique (magnésie, chaux, soude...)

Ce traitement peut suffire mais il provoque un enrichissement de la matière sèche en matières minérales. On peut donc être amené à faire suivre la désacidification d'une déminéralisation.

Souvent, la désacidification peut être menée en même temps que la déminéralisation sans utilisation d'agent neutralisant.

3-3 Déminéralisation

- Par résines échangeuses d'ions : le procédé est simple mais discontinu. Le coût du traitement est proportionnel au taux de déminéralisation recherché.

- Par électrodialyse.

Dans la pratique, ces deux techniques peuvent être utilisées conjointement ; on commencera alors par traiter le sérum par l'électrodialyse, qui convient bien aux solutions concentrées en sels, la finition sera ensuite effectuée sur résines échangeuses d'ions pour limiter la fréquence des régénérations et permettre une économie d'eau, d'acide et de base.

3-4 Déprotéinisation

Elle s'applique uniquement aux sérums classiques.

Les protéines extraites - qui sont de qualité exceptionnelle - trouvent des débouchés en fabrication fromagère (recyclage), en alimentation humaine (infantile ou diététique) ou dans l'industrie (alimentaire, cosmétique ou chimique).

3-4-1 Coagulation à chaud des protéines en milieu acide.....

* Procédé "Centri-Whey" Le complexe protéine obtenu à partir du sérum est réincorporé dans le lait de fabrication.

* Procédé Bel Industries destiné à la fabrication en continu de levures et de protéines - on extrait par m³ de sérum 4 kg de produit sec titrant 72% de protéines.

3-4-2 Séparation des protéines par ultrafiltration

Il s'agit d'une filtration à l'échelle moléculaire. On obtient des concentrés allant jusqu'à 70% de protéines utilisables en alimentation humaine.

3-4-3 Autres procédés

- * Précipitation par formation de complexe minéral.
- * Précipitation par les alcools.
- * Dialyse - gel - filtration.

On note que l'extraction du lactose libère comme sous-produit les "eaux-mères" qui sont de véritables concentrés protéiques.

4 - LES JUS LACTOSES ET LEURS TRANSFORMATIONS

4-1 Les jus lactosés

Si le lactosérum classique est un sous-produit issu de l'égouttage des fromages fabriqués par des techniques classiques, mécanisées ou non, les jus lactosés résultent en fromagerie de l'ultrafiltration du lait sur membrane semi perméable. Leur composition est celle d'un lait totalement déprotéinisé.

Constituants	Composition en g/l
Eau	943
Mat. grasses	0
Lactose	48
Acide lactique	0
Mat. Azotées Totales	2
Sels Minéraux	7
Extrait sec	57

Ils ne contiennent ni enzyme, ni ferment susceptibles d'en dégrader le lactose. Contrairement au sérum classique, il s'agit d'une matière première stable et, sauf recontamination, stérile.

Ces jus lactosés semblent être un sous-produit d'avenir des fromageries.

4-2 Traitement des jus lactosés

4-2-1 Extraction du lactose et utilisation comme glucide

On obtient 3 catégories de lactose :
pureté de 92-98% : lactose brut ou technique
pureté supérieure à 98% : lactose alimentaire
pureté supérieure à 99,85% : lactose Codex-pharmaceutique.

L'hydrolyse enzymatique du lactose, bien que non appliquée de façon industrielle en France, permettra d'élargir considérablement ses débouchés. Si le lactose a un pouvoir édulcorant six fois moindre que le saccharose, le mélange Glucose + Galactose obtenu après hydrolyse enzymatique fournit un "miel de lait" dont le pouvoir sucrant est 70% de celui du saccharose. Comme ce mélange ne cristallise pas, il peut devenir intéressant en confiserie ou en pâtisserie industrielle.

En outre, le glucose et le galactose sont beaucoup plus assimilables que le lactose par un organisme adulte (en particulier carnivore) d'où des possibilités d'utilisation dans l'alimentation animale.

4-2-2 Biosynthèse sur jus lactosés

La dégradation du lactose par des microorganismes fournit une biomasse riche en protéines.

* Production de levures lactiques par le procédé BEL* (on obtient des "levures-aliments" après plas-

molyse et séchage).

* Production de lactosérum déprotéiné par le procédé DEVOS* : il convient à la valorisation des sérums acides par des levures de type *Saccharomyces* qui utilisent l'acide lactique en enrichissant le milieu en protéines.

* Production de protéines par culture de champignons filamenteux : procédé CALIQUA-SIREB*.

4-2-3 Autres biosynthèses :

De nombreux autres produits peuvent être synthétisés à partir du lactosérum :

- de l'alcool, de l'acide lactique, du vinaigre.
- des vitamines, des antibiotiques, des enzymes, des matières grasses ...

Dans ce travail nous avons étudié les possibilités d'alimenter des vaches laitières avec du lactosérum liquide, ce qui est le moyen le plus efficace et le moins onéreux de se débarrasser de ce produit polluant.

CHAPITRE DEUXIEME

=====

Le lactosérum liquide de fromagerie : composition, évolution et conservation.

TYPOLOGIE ET COMPOSITION

=====

- 1 - Teneur en matière sèche
- 2 - Teneur en matière grasse
- 3 - Le lactose et l'acide lactique
- 4 - L'acide citrique
- 5 - Les matières azotées
 - 5-1 Composition azotée du sérum ordinaire
 - 5-2 Composition en acides aminés
- 6 - Les matières minérales
 - 6-1 Macroéléments
 - 6-2 Oligoéléments
- 7 - Vitamines.

VARIATIONS SAISONNIERES DE LA COMPOSITION :

=====

CONSERVATION ET EVOLUTION :

=====

- 1 - Fermentations favorables
- 2 - Fermentations indésirables
- 3 - Présence de germes pathogènes
- 4 - Evolution qualitative au cours de la conservation
 - 5-1 Agents physiques
 - 5-2 Agents chimiques.

PROBLEMES DE STOCKAGE :

=====

- 1 - Matériel
 - 2 - Précautions.
- =====

CHAPITRE DEUXIEME

=====

Le lactosérum liquide de fromagerie :
composition, évolution et conservation.

Le lactosérum est la fraction aqueuse qui se sépare des caillés au cours des fabrications conventionnelles de fromage ou de caséines. Il représente environ 85 à 90% du volume du lait employé pour faire du fromage et il retient environ 55% des éléments nutritifs du lait.

TYPOLOGIE ET COMPOSITION :

=====

Statistiquement, tous les sérums sont différents les uns des autres. Classiquement on distingue les lactosérums issus de la fabrication de fromages affinés qui sont dits doux (pH entre 5,9 et 6,3) et ceux provenant de la fabrication de fromage frais qui sont dits acides (pH entre 4,4 et 4,6).

D'après C.Février (1977), on peut regrouper les lactosérums en trois groupes majeurs et trois groupes mineurs dans lesquels figurent les lactosérums de brebis et de chèvre.

- type 1 : Comté, Emmental traditionnel, Pont l'Evêque.
- type 2 : St Paulin, Cheddar, Emmental industriel, Camembert traditionnel.
- type 3 : Pâte fraîche, Camembert pasteurisé.
- type 4 : Carré de l'Est, types Stene-Hutin (lait concentré)
- type 5 : Lactosérum de Brebis.
- type 6 : Lactosérum de Chèvre.

La composition moyenne des différents types de lactosérums est reportée dans le tableau n° 1. Le tableau n° 2 rapporte cette composition par rapport à l'extrait sec délipidé.

Le lactosérum que nous avons utilisé provenait d'une fromagerie de l'Ain fabriquant un fromage à pâte persillée de type Bleu de Bresse. Il était doux (pH 5,7 - 6,3) et écrémé. Sa composition moyenne est la suivante :

- * Matière sèche 6,20%
- * Mat. Azotées Totales 13,41% (Nx6,25)
- * Azote non protéique 21,7 % de N .
- * Extractif non Azoté 78,76%
- * Mat. Minérales totales 7,83%

Ces valeurs étant exprimées par rapport à l'extrait sec.

1 - Teneur en matière sèche

De valeur moyenne faible, la teneur en matière sèche varie selon le type de fromage (Février et Chauvel, 1977).

- 64-65 g/l pour les pâtes fraîches.
- 68-70 g/l pour les pâtes molles.
- 70-75 g/l pour les pâtes pressées cuites ou non.

Elle peut en outre être modifiée dans le sens d'une diminution par adjonction des eaux de lavage des tables d'égouttage ou par fermentation, dans le sens d'une augmentation par concentration ou par déshydratation.

2 - Teneur en matières grasses

Cette teneur varie énormément ; selon Février et Chauvel (1977), elle peut aller de 0,5 à 1 g/l pour les pâtes fraîches jusqu'à 5 à 6 g/l pour les pâtes pressées cuites.

COMPOSITION DE DIVERS TYPES DE LACTOSÉRUMS (en g/l) (C. FEVRIER)

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Brebis	Chèvre
Type de caillé	Présure	Mixte présure lactique	Lactique	Mixte sur lait concentré	Présure	Lactique
Type de lactosérum	doux	mi-acide	acide	mi-acide	doux	acide
Densité	1,0239	1,0247	1,0245	1,0282	1,0234	1,0269
Matière sèche	70,84	70,49	65,76	75,97	83,84	62,91
Lipides	5,06	3,38	0,85	1,80	6,46	0,40
Matière sèche délipidée	65,78	67,11	64,91	74,17	77,38	62,51
Lactose	51,81	50,84	45,25	52,75	50,98	39,18
Azote total	1,448	1,454	1,223	1,564	2,933	1,466
Azote non protéique	0,368	0,414	0,536	0,568	0,796	0,669
Azote ammoniacal	0,041	0,090	0,140	0,135	0,129	0,176
Azote uréique	0,141	0,095	0,070	0,075	0,139	0,122
Acide lactique	0,322	2,226	7,555	5,348	1,763	8,676
Acide citrique	1,298	1,095	0,260	0,705	1,032	0,157
Cendres	5,252	5,888	7,333	6,322	5,654	8,361
Phosphore	0,412	0,470	0,649	0,637	0,545	0,703
Calcium	0,466	0,630	1,251	1,104	0,494	1,345
Potassium	1,455	1,491	1,485	1,951	1,281	1,812
Sodium	0,505	0,537	0,528	0,702	0,616	0,433
Chlorures	2,195	2,208	2,092	2,712	2,368	3,287

Tableau 1

COMPOSITION DES DIVERS TYPES DE LACTOSÉRUM PAR
RAPPORT A L'EXTRAIT SEC DÉLIPIDE (%)
(C. FEVRIER)

Constituants	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Brebis	Chèvre
Extrait sec délipidé	100	100	100	100	100	100
Lactose	78,76	75,76	69,21	71,12	65,88	62,68
Azote total (N)	2,20	2,17	1,98	2,11	3,79	2,35
Protéines brutes (NX6,38X11)	14,04	13,82	12,02	13,45	24,18	14,96
Protéines brutes (NX6,25)(11)	13,75	13,56	11,75	13,19	23,69	14,69
Azote non protéique	0,56	0,62	0,83	0,77	1,03	1,07
Azote ammoniacal	0,06	0,13	0,22	0,18	0,17	0,28
Azote uréique	0,21	0,14	0,11	0,10	0,18	0,20
Acide lactique	0,49	3,32	11,64	7,21	2,78	13,38
Acide citrique	1,97	1,63	0,40	0,95	1,33	0,25
Cendres	7,98	8,77	11,30	11,22	7,31	13,37
Calcium	0,71	0,94	1,93	1,49	0,64	2,15
Phosphore	0,63	0,70	1,00	0,86	0,70	1,12
Potassium	2,21	2,22	2,29	2,63	1,66	2,90
Sodium	0,77	0,80	0,81	0,95	0,80	0,69
Chlorures	3,34	3,29	3,22	3,66	3,06	5,26

Tableau 2

Ces variations sont dues aux techniques d'égouttage mais aussi à la teneur en matières grasses du lait d'origine ainsi qu'à certains types de fabrication : lait enrichi en crème (fromages suisses) ou au contraire écrémé (certaines pâtes fraîches maigres). Cependant la plupart du temps, le lactosérum est écrémé dès l'issue de la fabrication. C'était le cas pour le lactosérum de Bleu de Bresse que nous avons utilisé : sa teneur en matières grasses n'était pas décelable par la méthode Gerber.

3 - Le lactose et l'acide lactique

Le lactose est le principal constituant du lactosérum avec une teneur moyenne de 40 à 50 g/l, ce qui représente 70 à 80% de l'extrait sec délipidé.

C'est un diholoside constitué d'une molécule de D-glucose et d'une molécule de D-galactose. Selon la nature stéréochimique du glucose, on distingue le lactose α et le lactose β . En solution et à température ambiante les formes sont en équilibre dans un rapport de 62,2% de β -lactose et 37,7% d' α -lactose.

Dans le lactosérum, une très faible partie est hydrolysée : de 3 à 6% pour les pâtes cuites et de 0 à 3% pour les pâtes molles.

L'acide lactique provient de la dégradation du lactose par les ferments lactiques. Théoriquement, une molécule de lactose peut donner quatre molécules d'acide lactique.

Les sérums issus de coagulation à prédominance lactique sont naturellement plus riches en acide lactique que ceux issus de coagulation présure et corrélativement moins riches en lactose.

En sortie de fabrication, les teneurs peuvent varier de 0,2 à 8 g/l.

Après stockage, elle peut atteindre 15 g/l pour un extrait sec de 55 g (Février et Chauvel - 1977).

4 - L'acide citrique :

A la différence de l'acide lactique qui provient d'une fermentation, l'acide citrique et les citrates sont naturellement présents dans le lait et passent dans le lactosérum.

Dans un sérum doux, la teneur est de l'ordre de 1,3 g/l. Mais il disparaît au cours de l'acidification et sa décomposition conduit à des composés aromatiques.

Les sérums de pâte fraîche ou de pâte molle n'en contiennent pratiquement pas.

5 - Les matières azotées :

Toutes les protéines du lait sauf la caséine sont présentes dans le lactosérum. Une petite fraction de caséine peut encore être récupérée sous forme de fines particules de caillé qui s'échappent lors de l'égouttage. La technologie tend à diminuer ces pertes et donc à augmenter le rendement fromager.

Dans la fabrication des pâtes fraîches, la pasteurisation dénature une partie des protéines du sérum qui peuvent ainsi être récupérées dans le caillé.

Avec la technique de l'ultrafiltration, seul l'azote non protéique subsiste dans le lactosérum.

Dans les protéines du lait, la proportion varie entre 15,63 et 15,77%, ce qui correspond à des facteurs de conversion de l'azote total en protéines de 6,34 à 6,40 (au lieu de 6,25 pour les autres matières premières). Pour les substances non protéiques, ce coef-

ficient est plus faible - par exemple 2,1 pour l'urée - ce qui entraîne que pour des lactosérums riches en azote non protéique, le coefficient moyen de 6,38 - généralement admis en France pour les produits laitiers - est certainement surestimé.

5-1 Composition azotée du lactosérum ordinaire

5-1-1 Fraction azotée non protéique

Outre l'urée et les sels ammoniacaux, elle est formée de nucléotides, de peptides solubles, d'acides aminés combinés pour 2 à 3% et d'acides aminés libres pour environ 0,3% dans les sérums doux et 0,6% dans les sérums acides.

Les acides aminés libres les plus fréquents sont l'acide glutamique, la proline, la lysine et la tyrosine l'acide aspartique et l'arginine (Mavropoulou et Kosikovski-1973).

Chez le porc, les fractions uréiques et ammoniacales n'ont pratiquement aucune utilisation nutritionnelle. Il n'en est pas de même chez les ruminants qui peuvent les utiliser pour synthétiser des protéines microbiennes.

5-1-2 Fraction protéique vraie

Elle est constituée par des protéines solubles : les plus importantes sont des β -lactoglobulines (40 à 50% environ) et des α -lactoglobulines (20%). D'autres protéines telles que la sérum-albumine ou les protéoses-peptones sont en quantité beaucoup plus faible.

Le tableau n° 3 résume les différents composants azotés du lactosérum.

COMPOSITION DE LA FRACTION AZOTÉE DES LACTOSÉRUMS
(% DE L'AZOTE TOTAL)
(C. FEVRIER)

Type de caillé	Présure	Mixte présure lactique	Lactique	Mixte sur lait concentré	Présure	Lactique
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Brebis	Chèvre
Azote total	100	100	100	100	100	100
Azote non protéique	25,4	28,5	43,8	36,3	27,1	45,6
Azote ammoniacal	2,8	6,2	11,4	8,6	4,4	12,0
Azote uréique	9,7	6,5	5,7	4,8	4,7	8,3

Tableau 3

Le sérum que nous avons étudié a un rapport
moyen $\frac{\text{N non Protéique}}{\text{N Total}} = 21,7\%$.

5-2 Composition en acides aminés :

Bien équilibrée en acides aminés indispensables et particulièrement riche en lysine, la fraction protéique du lactosérum a une valeur nutritive très intéressante chez le porc. Chez les ruminants, la qualité de ces protéines est quelque peu gaspillée du fait des caractères digestifs propres à ces animaux.

Les acides aminés les plus faibles quantitativement sont les acides aminés soufrés et à un moindre degré la tyrosine, la phénylalanine et l'histidine.

Quelle que soit l'origine du sérum, la composition des protéines est relativement stable même si il y a eu dénaturation.

La déminéralisation et l'extraction du lactose tendent à augmenter la teneur en azote total et la teneur en acides aminés indispensables (Février et Chauvel-1977).

6 - Matières minérales :

En général élevée, la teneur en minéraux est au minimum de 7% par rapport à la matière sèche et peut atteindre 12% dans les sérums très acides (par augmentation relative du fait de la disparition d'une partie du lactose).

6-1 Les macroéléments :

Le potassium, très abondant, le sodium et les chlorures qui se trouvent dans la fraction soluble du lait, présentent une teneur quasi constante dans le produit liquide frais (Février et Chauvel-1977).

En revanche, les teneurs en calcium et en phosphore, liés à la caséine et relâchés lors de la synérese du coagulum, sont variables selon le type de fromage fabriqué. En outre des facteurs technologiques occasionnels comme l'adjonction de chlorure de calcium pour augmenter l'action de la présure ou le salage avant le soutirage complet du sérum peuvent entraîner des modifications importantes.

Adrian et Bourlier (1980) ont montré que sur des lactosérums provenant de laits de grand mélange, le stade de lactation et la saison n'impliquaient aucune variation des taux en macroéléments.

Le magnésium, déjà peu abondant dans le lait, l'est encore moins dans le sérum : de 0,08 à 0,16% de l'extrait sec délipidé.

Les teneurs en macroéléments du lactosérum de type Bleu de Bresse sont :

Elément	p.100 de la MS.	p.100 des cendres
Calcium	0,495 %	6,32 %
Phosphore	0,568 %	7,25 %
Potassium	1,547 %	19,76 %
Sodium	0,599 %	7,65 %
Cendres	7,83 %	100,00 %

6-2 Les oligo-éléments :

Les teneurs en oligo-éléments des sérums varient énormément en fonction de la technologie fromagère, de la composition du lait d'origine et de la composition du matériel de laiterie ; en effet l'acide lactique par son action corrosive peut conduire à un enrichissement parfois excessif en certains oligo-éléments : zinc, fer, cuivre.

La variabilité de cette teneur est exprimée dans le tableau suivant :

	(1)		(2)		
	Acides	Doux	P. Fraîche	Acides Camembert	Doux
pour 100 g de matière sèche					
Fer(mg)	0,106	0,089	0,38	0,66	0,28
Cuivre(ug)	6,8	3,5	59	61	47
Zinc(mg)	0,234	0,011	4,60	0,58	0,20
Mn (mg)	2,8	6	49	45	20

(1) : d'après WONG et coll. (1978)

(2) : d'après ADRIAN et BOURLIER (1980)

Tableau 4

7 - Les vitamines

Compte tenu de l'écrémage dont font l'objet à l'heure actuelle la plupart des sérums, les vitamines liposolubles (A,D,E,K) seront considérées comme absentes.

Les vitamines hydrosolubles, par contre, sont abondantes dans le lactosérum puisqu'elles restent dans la phase liquide. Elles appartiennent essentiellement au groupe B. Comme pour les oligo-éléments, et pour les mêmes raisons, leurs teneurs sont extrêmement variables. De plus, certaines d'entre elles (B₁,B₂) peuvent être altérées et décomposées par la chaleur et la lumière au cours des manipulations et du stockage alors que d'autres comme la vitamine B₁₂ peuvent être synthétisées par la microflore du rumen au cours de la fermentation lactique.

Vitamines	(1) (2) (3)	(4)
Vit. A (UI)	160	136
Thiamine	4,6-6,2	0,51
Riboflavine	7,7-28,6	2,14
Pyridoxine	6 -12	0,59
Panthoténate de calcium	32-71	11,5
Amide de l'ac. nicotinique	11-16	1,30
Biotine	0,2-0,3	0,043
Cyanocobalamine	0,025-0,045	0,0024
Ac. folique	1,52	0,0116
Choline	1340	104
Ac.ascorbique	30-40	1,41

Teneurs exprimées en mg/100 g de matière sèche.

- (1) : Blanc (1979)
- (2) : Hartman et Dryden (1974)
- (3) : Hargove et Coll. (1975)
- (4) : Glass et Hedrick (1977)

Cités par Février et Chauvel (1977)

VARIATIONS SAISONNIERES :

=====

Indépendamment des variations technologiques, les lactosérums sont sujets à des variations saisonnières qui suivent celles des laits d'origine (Février et Chauvel-1977).

En particulier, la teneur en protéines totales accuse une valeur minimale en hiver et au début du printemps et une valeur maximale en automne au mois d'octobre.

Dans une moindre proportion, certains minéraux peuvent suivre aussi ces fluctuations ; par exemple, lors de la mise à l'herbe, de mars à mai, les taux de chlorures et de potassium peuvent augmenter. C'est ce que nous avons constaté :

en p.100 de la matière sèche	Janvier 81	Mai 81	Octobre 81
Mat. Azotées Tot. (N x 6,25)	12,23 %		14,32 %
Potassium	1,27 %	1,51 %	

CONSERVATION ET EVOLUTION DU LACTOSERUM :

=====

Le lactosérum est une solution plus ou moins acide qui est un bon milieu de culture pour de nombreux germes : bactéries, levures ou moisissures.

D'un point de vue pratique, Février et Chauvel (1977) classent les germes contenus dans le lactosérum en trois groupes selon le rôle qu'ils jouent dans l'évolution de la qualité du sérum :

- * Les germes produisant des fermentations lactiques favorables à la valeur nutritive du sérum.
- * Les germes indésirables, en principe non dangereux, mais qui diminuent la valeur nutritive du sérum.
- * Les germes pathogènes agents ou non de maladies contagieuses.

1 - Fermentations favorables :

Elles transforment le lactose hydraté en acide lactique :



Lactose

Glucose

Ac. Lactique

Galactose

Elles sont dues à des bactéries lactiques homofermentaires qui se subdivisent en deux groupes (ALAIS-1975) : les streptocoques et les lactobacilles qui sont responsables de l'acidification des sérums doux.

2 - Fermentations indésirables :

Ces fermentations sont produites par des germes produisant d'autres composés que l'acide lactique, par exemple de l'acide acétique, de l'alcool ou du gaz carbonique en abondance. Ce sont des germes hétérofermentaires que l'on trouve aussi bien parmi les bactéries que parmi les levures et les moisissures.

On trouve (Alais-1975) des leuconostocs (qui produisent entre autres de l'éthanol), des Clostridies (qui produisent du gaz carbonique, de l'hydrogène, du méthane, de l'acide butyrique ou propionique à partir de l'acide lactique) des Bactéries Propioniques (produisant des acides propionique et acétique et qui sont surtout dues à des contaminations par de mauvais ensilages) des Levures (Candida, Saccharomyces, Torulopsis qui, à partir des hexoses produisent de l'éthanol et du gaz carbonique) et des moisissures (Penicillium candidum et Geotrichum candidum) qui se développent en surface du lactosérum.

Bien souvent, ces germes se développent aisément dans les milieux neutres, donc dans le lactosérum doux.

3 - Présence de germes pathogènes :

Ce sujet sera abordé dans le chapitre sur les conséquences hygiéniques de l'utilisation du lactosérum liquide par la vache laitière.

L'acidité pour les lactosérums acides peut jouer un rôle bactériostatique et d'autoprotection. Ce facteur peut intervenir dans les lactosérums doux par transformation du lactose en acide lactique. Néanmoins, le rôle protecteur des bactéries lactiques n'est pas total.

4 - Evolution qualitative au cours de la conservation :

Imbert-Pondaven (1977) a montré que des lactosérums acides et doux maintenus 5 jours à basse température (+ 4° C) ne montrent aucune variation notable de leur composition chimique. Par contre, après un séjour à 23° C, les processus fermentaires et protéolytiques se développent et la composition chimique des lactosérums se modifie :

L'effet principal est une diminution de la teneur en matière sèche avec acidification importante du lactosérum doux. Des traces d'acides α et β aminobutyriques constatées dans les sérums de pâte fraîche originels sont peu souhaitables. Ces teneurs augmentent dans le sérum acide maintenu à 23° C mais dans une moindre proportion que celle notée dans des sérums de pâte cuite.

Les lactosérums doux subissent à 23° C une altération des protéines beaucoup plus marquée que les sérums acides.

Au cours du stockage des lactosérums liquides à température ambiante, deux acides aminés apparaissent : la cystine et l'acide α -aminobutyrique.

On observe aussi une diminution de la teneur en azote uréique et une augmentation nette de la teneur en azote ammoniacal. En outre, la dégradation et la dénaturation des protides font apparaître des composés indésirables parmi lesquels certaines amines considérées comme toxiques : tyramine, histamine.

5 - Procédés de conservation :

5-1 Agents physiques

* Action de la chaleur

.....
La pasteurisation est de pratique relativement courante dans certains types de technologie fromagère mais elle n'empêche pas l'évolution chimique des sérums et particulièrement des sérums doux.

La stérilisation ne peut être envisagée pour des raisons économiques prépondérantes à l'heure actuelle.

* Action du froid

.....
Aussi tentante qu'elle soit, la conservation du lactosérum en réfrigération à $+ 4^{\circ} \text{C}$ n'est pas rentable d'un point de vue économique et n'est pas pratiquée.

5-2 Agents chimiques

Il s'agit de substances antibiotiques bactériostatiques ou bactéricides qui sont prohibées pour l'alimentation humaine.

* L'eau oxygénée

.....
Utilisée pour le sérum en Suisse et en Italie, elle est interdite sur le lait en France. A la concentration de 3% avec de l'eau oxygénée à 30 volumes, le sérum peut être conservé quelques dizaines d'heures.

Petragnagi et Barchiesi cités par Février et Chauvel (1977) ont montré que sur le lait, l'eau oxygénée à 30 volumes utilisée à 3% était totalement détruite en 20 heures par la catalase du lait.

Les utilisateurs de cette méthode la considèrent comme sans danger chez le porc. Cependant, son emploi entraîne une réduction de 10-15% de la teneur en vitamine A (certes peu abondante), de 50% pour les vitamines du groupe B et de 90% pour la vitamine C.

* L'ozone

.....

Utilisé pour la stérilisation de l'eau, ce puissant réducteur pourrait l'être pour le lactosérum. Mais le procédé est trop coûteux.

* Le chlore

.....

(Chlore gazeux, hypochlorite, peroxydes de chlore ou chloramines). L'addition de Cl_2 doit être régulière et homogène. Elle nécessite pour cela un appareillage spécial identique à celui utilisé pour le traitement de gros volumes. En outre, cette méthode a l'inconvénient d'augmenter le taux de chlorures déjà bien élevé dans le lactosérum.

* Le formol

.....

Bactériostatique connu depuis très longtemps. Commode d'emploi et bon marché, l'aldéhyde formique possède en outre l'avantage d'avoir des conditions d'emploi moins draconiennes que le chlore.

Le formol à 40% aux doses de 1/20 000 à 1/1000 réduit très fortement le développement de l'acidité. Pour annihiler l'activité des micro-organismes producteurs de gaz, il faut atteindre des concentrations de 2/1000 si la conservation doit excéder 48 heures.

Dans l'expérimentation que nous avons effectuée, nous utilisons un lactosérum doux additionné de formol à 30% à la dose de 0,4%. Les livraisons étaient effectuées 3 fois par semaine et il n'y a jamais eu de problèmes de conservation.

* Les ammoniums quaternaires

Dangereux à l'emploi car ils laissent se développer des germes néfastes (coliformes) à la dose d'emploi de 1/10 000. Plus concentrés, ils précipitent les protéines. Interdits en France, ils sont parfois autorisés dans certains pays étrangers.

* Les antibiotiques

Brune et Thier (1965) cités par Février et Chauvel ont essayé l'auréomycine à 50 mg/kg.

Falaschini et Mordenti (1962) cités par les mêmes ont essayé l'oléandomycine à 0,9 mg/l, la terramycine à 2,75 mg/l et le NF 180 à 15 mg/l.

Outre des résultats aléatoires, ces méthodes ont un prix de revient tel que leur carrière a été courte.

* Autres conservateurs

- le sulfate de Cuivre à 60 mg/l (bien qu'une telle posologie soit à la limite de la toxicité chronique).

- le métabisulfite de sodium à 1,45 g/l.

CONDITIONS D'EMPLOI

=====

Ils doivent être incorporés lentement dans le sérum en mouvement par brassage ou au cours d'un transfert.

Si la durée de conservation est longue, il y a intérêt à renouveler l'addition de conservateur au bout de 24 ou de 48 heures plutôt que de mettre une double dose d'emblée.

En aucun cas, l'usage de conservateurs n'exempte les utilisateurs de règles d'hygiène et de propreté.

PROBLEMES DE STOCKAGE

=====

Compte tenu de l'altérabilité du produit, le stockage et la manutention nécessiteront quelques précautions.

1 - Matériel

Le lactosérum est un produit extrêmement corrosif et son emploi à la ferme nécessite un matériel de stockage et de distribution adapté. Si au début de son utilisation pour des vaches laitières, certains éleveurs se sont tournés vers des solutions de fortune en employant de vieilles baignoires, ce procédé doit être exclu de nos jours. Outre le fait que le revêtement en émail est trop fragile pour des vaches, il se produit toujours une attaque des parties métalliques entourant le trou d'évacuation. De plus, la profondeur de tels ustensiles empêche les animaux de boire jusqu'au fond ce qui laisse toujours un résidu de sérum en fermentation.

L'acier inoxydable satisfait pleinement les contraintes physico-chimiques de l'emploi du sérum. Néanmoins, il faut savoir qu'il est très sensible à la corrosion par piqûres dues aux chlorures. Or les chlorures se trouvent en grande quantité dans le lactosérum ou peuvent être employés comme désinfectants.

Les résines synthétiques (de type polyester) offrent à l'emploi toutes les garanties nécessaires. Robustes, fiables et d'entretien aisé, elles sont à notre avis le matériau idéal pour l'utilisation du sérum pour la vache laitière.

En outre, leur prix de revient est très vite amorti.

Dans notre expérimentation, le lactosérum liquide distribué trois fois par semaine est stocké à la ferme dans des cuves cylindriques graduées à fond bombé, en résine polyester isostalique enduites à l'intérieur de résine dite "alimentaire". La cuve (de 5000 à 10 000 litres selon la taille de l'exploitation) est posée sur quatre pieds métalliques galvanisés de 1,50 m de hauteur.

Le remplissage s'effectue par le haut de la cuve au moyen d'un tuyau d'environ 10 cm de diamètre muni d'une vanne en acier inoxydable directement adaptable sur les vannes de camions citernes de livraison.

Un système identique part du fond de la cuve pour la distribution. La vanne - en "inox" - est munie d'un levier-"robinet".

La distribution s'effectue dans des bacs-abreuvoirs en résine polyester isostalique hémicylindriques enduits à leur face interne de résine "alimentaire". La contenance du bac est de 1 500 litres et sa longueur est suffisante pour permettre l'abreuvement simultané de 6 vaches. Il est muni d'un bouchon de vidange des eaux de lavage.

Le matériel est commandé et livré par la coopérative fromagère à ses adhérents.

Le prix de revient est le suivant (cuve 10 000 l)

	=	7 080,00 F H.T.
Cuve 5 000 l. sur pieds métalliques ..	4 580,00 F	
Vanne inox arrivée	70,00 F	
Vanne inox distribution	70,00 F	
Bac-abreuvoir	1 500,00 F	
Tuyaux	(estimation) .	200,00 F

6 420,00 F

Ce prix de revient s'entend hors taxes et en Juin 1981.



2 - Les précautions :

Au contact des surfaces du matériel, le lactosérum dépose un film de matière organique qui devient rapidement le siège de fermentations indésirables. L'on a vu que ces fermentations modifiaient la composition chimique du sérum et pour les juguler, il est nécessaire de nettoyer le matériel régulièrement et de le désinfecter.

Le nettoyage alliera une action mécanique (brossage vigoureux, eau sous pression) à une action chimique (utilisation d'antiseptique).

Parmi tous les produits mis à la disposition des éleveurs, on trouve des produits détergents spécialement adaptés quoique souvent onéreux : éthers polyglycérique, alkyl sulfonates, alkyl arylsulfonates).

Pour l'alimentation animale, on peut s'en tenir à des produits moins onéreux quoique plus corrosifs :

- hypochlorite de sodium (eau de Javel à 250 mg de chlore actif par litre) à une température inférieure à 40° C.

- les chloramines
- le formol à 3 g/l mais son usage est peu commode.

- les ammoniums quaternaires mais ils ont une action sélective sur les Coliformes et sont difficiles à rincer.

Veisseyre (1975) préconise :

- Rinçage à l'eau pour éliminer la plus grosse partie des pollutions.

- Nettoyage par trempage ou brossage et contact pendant 30 minutes à la température de 45-50° C avec la solution suivante :

Carbonate de soude ou soude caustique .. 4-5 g/l
Phosphate trisodique 4-5 g/l

Pour le matériel en aluminium, ajouter :

Ortho ou métasilicate de soude 2-5 g/l

Rinçage à l'eau chaude (45-50° C)

- Désinfection par une solution d'antiseptique
(eau de Javel à 250 mg de chlore actif par litre)
+ silicate de sodium (5 g par litre).

Titre chlorométrique de l'eau de Javel du commerce	Quantité à utiliser pour obtenir 10 litres de solution antiseptique
12°	0,66 l
16°	0,88 l
18°	1 l

L'emploi régulier de ces techniques permet de maîtriser pleinement les éventuelles fermentations indésirables. Le nettoyage des récipients doit être quotidien et la désinfection hebdomadaire.

Avec le type d'installation utilisé dans notre expérimentation, le bac abreuvoir était nettoyé tous les jours, la cuve de stockage 3 fois par semaine avant chaque nouvelle livraison et l'ensemble était désinfecté toutes les semaines. Aucun problème de fermentations n'a été signalé.

CHAPITRE TROISIEME

=====

Valeur alimentaire du lactosérum brut chez la vache laitière

INGESTIBILITE

- 1 - Variations
- 2 - Phénomènes de substitution.

VALEUR ENERGETIQUE

- 1 - Digestibilité du sérum liquide
- 2 - Digestibilité associée
- 3 - Digestion du lactose
 - 3-1 Fermentations ruminales
 - 3-2 Valeur énergétique

VALEUR AZOTEE

- 1 - Digestibilité des matières azotées
- 2 - Digestibilité associée
- 3 - Digestion des matières azotées
- 4 - Valeur protéique
- 5 - Discussion de l'application du système PDI
- 6 - Proposition pour une correction appliquée au lactosérum.

MINERAUX

- 1 - Composition minérale
- 2 - Oligoéléments
- 3 - Digestibilité

VITAMINES

CHAPITRE TROISIEME

=====

Valeur alimentaire du lactosérum brut chez la vache laitière

Comme pour toutes les autres catégories d'animaux, l'eau ingérée par les ruminants provient de celle bue volontairement et de celle contenue dans les aliments.

INGESTIBILITE

=====

Le lactosérum bénéficie d'une très bonne appétence et le sérum doux semblerait avoir un goût plus agréable que le sérum acide (Anderson et coll. 1974).

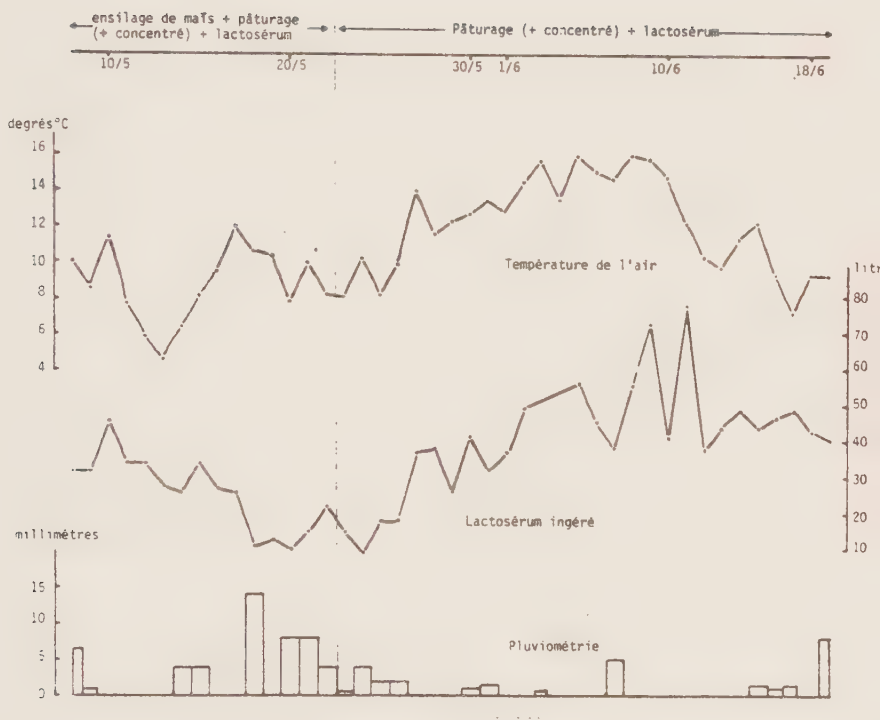
1 - Variations

Les quantités ingérées sont extrêmement variables : Anderson et coll. ont montré que lorsque le lactosérum était la seule source de liquide, des vaches pouvaient en consommer jusqu'à 90 l./jour.

Lorsque l'on distribue le sérum avec une quantité d'eau rationnée la consommation tombe à 60-75 l./jour contre 64 à 78 l./jour lorsque l'eau était distribuée ad libitum.

Welch et Nilson (1973) citaient le cas extrême de quelques vaches ayant consommé jusqu'à 137 kg/jour de lactosérum pendant une période prolongée sans aucune conséquence néfaste sur leur production et leur état de santé. Mais la consommation de lactosérum dépend de la ration qui l'accompagne.

Il existe des variations saisonnières. Elles suivent les variations d'abreuvement en général. Les quan-



VARIATIONS SAISONNIÈRES DE L'INGESTION

(d'après B. REMOND et coll. 1978)

GRAPHE n° 1

tités ingérées augmentent avec la température et diminuent lorsque la pluviométrie augmente (Ramond et coll. 1978).

2 - Phénomènes de substitution

Welch et Nilson (1973) constatent que des taurillons au pâturage consomment en moyenne 48 l/jour.

Lynch et coll. (1975) voient cette consommation passer de 30 l/jour avec un concentré ad libitum à 53 l/jour lorsque ce concentré est rationné.

Avec des génisses, la consommation de sérum passe de 26 à 41 l/jour selon que du grain (2,1 kg/jour) est offert ou non en plus du foin - ad libitum - de la ration de base (Anderson et al. 1974). La distribution de sérum conjointement à du concentré s'est accompagnée d'une augmentation de la matière sèche totale ingérée par rapport aux régimes sans concentré ou sans lactosérum, le foin étant dans tous les cas distribué à volonté.

Ceci traduit pour des génisses un pouvoir d'encombrement inférieur à celui du foin et sensiblement identique à celui du concentré.

Lorsque les vaches consomment 90 l. de sérum par jour, on note une diminution significative de la consommation de foin et de concentré.

En moyenne, lorsque la ration de base est constituée d'ensilage de maïs ou de foin, la consommation est de l'ordre de 63 l./jour. Il semble en outre que le lactosérum se substitue d'une part à l'eau de boisson lorsque celle-ci est limitée ou supprimée et en quantité sensiblement égale, d'autre part à la matière sèche de la ration (lorsque les animaux ne sont pas limités) en particulier au concentré en quantité équivalente dans la mesure où les quantités d'eau ingérées sous forme de lactosérum pour réaliser cette substitution ne deviennent pastrop importantes.

VALEUR ENERGETIQUE

=====

1 - Digestibilité du sérum liquide :

Rogers et coll. ont mesuré la digestibilité d'un sérum liquide de type acide par différence entre un régime de base et un régime de base + sérum chez des vaches et des taureaux.

Pour le lactosérum seul, ils ont obtenu un coefficient de digestibilité de la matière sèche de 82,6% (81,9 chez les femelles et 83,3 chez les mâles). Pour la matière organique, il est de 84,2% (respectivement 84,3 et 84,1).

Schingoethe et coll. (1980) obtiennent des chiffres voisins (81,7% pour la matière sèche sur des taureaux recevant une ration comportant 10 à 20% de la matière sèche sous forme de poudre de sérum entier).

2 - Digestibilité associée :

Au cours de cette même expérimentation, Schingoethe et coll. (1980) constatent qu'à certaines périodes et selon les méthodes classiques de calcul, les digestibilités de la matière sèche et de l'énergie atteignent des valeurs de l'ordre de 110 à 115%. Comme les aliments ne peuvent dépasser une digestibilité de 100%, cela veut dire qu'il y a eu un effet stimulant du lactose sur la digestibilité des autres composants de la ration.

La digestibilité de l'extrait éthéré n'est pas modifiée.

La digestibilité des différents composants fibreux de la ration n'est pas modifiée pour Schingoethe (1980). Cependant, Nelson et Coll. (1968) avaient montré que des proportions croissantes d'énergie fermentescible dans la ration diminuaient la di-

gestibilité des fibres (ADF et NDF) chez la vache laitière ; si la digestibilité de l'ADF est inchangée, en revanche celle de l'NDF diminue lorsque la ration contient 30 à 40% du lactosérum en poudre.

D'autres auteurs n'ont observé aucune action du lactosérum liquide sur la digestibilité de l'ADF ou de l'NDF (Anderson et Coll. 1975 - Rogers et Coll. 1977) bien que ces derniers aient noté une tendance à la diminution.

3 - Digestion du lactose :

Le lactose est un diholoside formé de D-galactose et de D-glucose. Son métabolisme s'effectue en anaérobiose et en deux temps.

Au niveau du rumen, il y a scission du lactose en glucose et galactose (non fermentescible), ce dernier étant isomérisé en glucose (voie de l'UTP). La majeure partie (chez les ruminants) est transformée soit directement en acides gras volatils, soit en acide lactique qui est lui-même métabolisé en acides gras volatils à condition que les microorganismes du rumen aient été adaptés à ce nouveau substrat.

3-1 Fermentations ruminales

.....

L'ingestion de lactose s'accompagne généralement d'une baisse du pH du jus du rumen. Cette baisse ne dure en général que 2 à 3 heures et les valeurs du pH du jus de rumen prises entre 3 et 5 heures après ingestion de lactosérum sont comprises entre 6 et 7 et ne diffèrent pas de celles obtenues avec des régimes sans lactosérum, à base de fourrage et de concentré (Huber, Polan et Rosser 1967).

Si la concentration totale des AGV dans le jus de rumen semble peu affectée par l'introduction de lactosérum dans la ration, la composition de leur mélange est sensiblement modifiée.

Bowman et Huber (1967) constatent avec des ratios riches en concentré, avec incorporation de poudre de lactosérum ou de dérivés dans le concentré, une augmentation importante de la proportion d'acide butyrique dans le rumen.

L'augmentation est d'autant plus forte (+ 2 à + 11%) que le taux de lactose dans la ration est plus fort (respectivement 5 à 35% de la ration totale).

Corrélativement, la proportion de l'acide propionique baisse (- 4 à - 14%) (Huber, Polan et Rosser 1967). Alors que celle de l'acide acétique diminue légèrement (Bowmann et Huber 1967) ou reste inchangée (Schingoethe et coll. 1973) (Huber, Polan et Rosser 1967).

La baisse de la proportion de l'acide propionique semble due aux minéraux du lactosérum qui augmentent directement ou indirectement (par augmentation de la salivation) le pouvoir tampon du jus de rumen, et défavorisent les fermentations propioniques. Le rôle des minéraux dans la déviation des fermentations vers la production d'acide butyrique semble indéniable.

Satter et Esdale (1968) ont noté une augmentation de la proportion d'acide acétique qui peut se transformer en acide butyrique d'autant plus facilement que les quantités présentes d'acide lactique sont importantes.

Les résultats de Huber et Coll. (1967) ainsi que ceux de Schingoethe et Coll. (1973) ont été confirmés par Anderson (1974) et par Ehouinsou (1976) chez le mouton.

3-2 Valeur énergétique :

La valeur énergétique du lactosérum a été calculée à partir des équations mises au point par les chercheurs de l'INRA (1978).

Les valeurs ainsi trouvées sont :
1,12 UFL/kg MS et 1,12 UFV/kg MS.

Il existe des variations minimales selon que l'on a affaire à un lactosérum doux ou acide :

	U F L	U F V
Sérum doux	1,08	1,10
Sérum acide	1,12	1,14

d'après Thivend (1978)

Remond et Coll. (1978) avaient estimé cette valeur énergétique à 1,10 UFL/kg MS, à partir du poids, des performances des animaux et de la composition de la ration.

Cela confirme l'hypothèse d'Anderson (1975) qui estimait que la valeur nutritive de la matière sèche du lactosérum devait être voisine de celle de l'orge.

Nous nous en tiendrons donc à ces valeurs.

VALEUR AZOTEE

=====

1 - Digestibilité

Pour les matières azotées du sérum, Rogers et Coll. (1977) ont trouvé un coefficient de digestibilité moyen de 68,8% (69,8 chez les femelles et 67,7% chez les mâles).

Schingoethe et Coll. (1980) obtiennent des chiffres voisins (68,9%) sur des taureaux dont 10 à 20% de la matière sèche de la ration est sous forme de poudre de sérum entier.

2 - Digestibilité associée

L'introduction du lactose dans la ration n'augmente pas la digestibilité des matières azotées de la ration, qui n'évolue pas de façon significative. Elle a même tendance à diminuer régulièrement (66, 58 et 57%) lorsque la proportion de lactosérum en poudre augmente dans la ration (respectivement 30, 45 et 60%) (Schingoethe 1980).

L'explication peut se faire par le fait que les protéines du sérum étant très solubles, elles sont rapidement dégradées en ammoniacque ou en ammoniacque et en protéines microbiennes.

En conséquence, les protéines des autres composants de la ration (qui sont moins solubles) peuvent ne pas être converties en protéines microbiennes et cela entraîne une diminution de leur digestibilité (Schingoethe et al. 1980).

Le lactosérum stimule la synthèse des protéines microbiennes ce qui augmente l'utilisation de l'azote non protéique des autres constituants de la ration.

3 → Digestion des matières azotées

L'apport d'une source énergétique très fermentescible (le lactose) sera mise à profit par la microflore ruminale qui valorisera des sources d'azote non protéique.

Ehouinsou (1976) a montré en effet, une forte diminution de la concentration en ammoniac du jus de rumen au fur et à mesure que la teneur en lactose de la ration augmentait.

Poncet et Rayssiguier (1980) ont confirmé ces résultats et ont en outre montré l'accroissement de la synthèse des protéines microbiennes : augmentation de 44% du flux azoté dans le duodénum avec un régime contenant du lactose par rapport à un régime témoin.

Forsum et Hambraeus (1976) ont démontré que les protéines du lactosérum et de quelques uns de ses dérivés avaient une excellente valeur biologique (supérieure à 90,6). Riches en lysine, les protéines du sérum ont pour facteur limitant les acides aminés soufrés et à un moindre degré la tyrosine, la phénylalanine et l'histidine. Très intéressant dans l'alimentation des monogastriques et de l'homme, ce bon équilibre en acides aminés ne concerne pas l'alimentation des ruminants chez lesquels les matières protéiques "riches" seront en quelque sorte gaspillées.

4 → Valeur protéique

Calculée avec les formules INRA (1978), on obtient les valeurs suivantes (pour le lactosérum provenant de la fabrication d'un fromage de type Bleu de Bresse)

PDIN = 74 g/kg MS

PDIE = 68 g/kg MS

ce qui correspond aux valeurs calculées jusqu'à présent (Pratique de l'alimentation des bovins - Tome 1 Ed. INRA).

Or, le lactosérum apporte de l'énergie rapidement fermentescible - par le lactose - ce qui va stimuler la synthèse de protéines microbiennes. C'est ce qu'ont montré Poncet et Rayssiguier (1980) en confirmant Thivend (1977), Schingoethe (1976), Anderson (1975) et bien d'autres.

On devrait donc avoir une valeur PDIE au moins égale et sans doute supérieure à la valeur PDIN, ce qui, avec ces formules n'est pas le cas.

5 - Discussion de l'application du système PDI

Le système de calcul PDI qui est de élaboration relativement récente, est très au point pour des fourrages ou des concentrés, à quelques infimes détails près. Néanmoins, il comporte dans l'établissement des coefficients affectés, quelques inadaptations : c'est le cas pour le lactosérum.

Si l'on reprend la formule de calcul des PDIE :

$PDIE = PDIA + PDIME$ et que l'on considère que dans le cas du lactosérum les matières azotées sont entièrement solubles dans le jus de rumen, on a :

$$PDIA = 0,65 (MAT (1-S) \times dr) \text{ comme } S = 1 \text{ (solubilité corrigée)}$$
$$PDIA = 0$$

$$\text{Donc } PDIE = PDIME$$

La formule de calcul des PDIME repose sur l'hypothèse (entre autres) qu'il est formé 135 g de matières azotées microbiennes ($N \times 6,25$) par kg de M.O.D. ingérée ; 80% se trouvent sous forme de protéines vraies qui ont une digestibilité réelle de 70% dans l'intestin grêle.

alors PDIME = $135 \times 0,8 \times 0,7 \times \text{MOD}$

soit $135 \times 0,56 \times \text{MOD}$.

Cette valeur de 135 g de protéines microbiennes synthétisées dans le rumen est selon les inventeurs du système PDI "une moyenne grossière qui pourra sans doute être modulée ultérieurement" (sic). Cette valeur est voisine des valeurs moyennes généralement admises par de très nombreux auteurs.

Dans un aliment riche en glucides rapidement fermentescibles - comme le lactosérum - cette valeur est certainement sous-estimée, ce qui entraîne une sous-estimation de la valeur PDIE.

6 - Proposition pour une correction appliquée au lactosérum

Poncet et Rayssiguier (1980) ont travaillé sur des moutons nourris d'une part de 700 g de foin de luzerne (2 fois par jour), d'autre part de 700 g de foin (2 fois par jour) additionné de 400 g de lactose pur par jour et, outre de nombreux paramètres intéressants et déjà mentionnés, ils ont noté dans un régime avec lactose, une augmentation de 44% de l'azote rentrant dans le duodénum par rapport au régime sans lactose, avec une diminution du taux ruminal d'ammoniaque, du taux d'urée sanguine et du taux d'azote urinaire.

L'hypothèse que nous formulons, et que nous n'avons pas vérifiée expérimentalement, est que cette augmentation de 44% de l'azote entrant dans le duodénum est le témoin unique de l'augmentation de la synthèse microbienne stimulée par le lactose :

d'où le chiffre de 135 g de protéines/kg MOD devient
 $(1 + 0,44) = 193,49$ arrondi à 194 g de protéines/kg MOD
alors PDIE = PDIME = $0,56 \times 194 \times \text{MOD}$ (MO = 92,17%)

PDIE = 84,4 g/kg MS (CUD = 84,3 %)

Cette valeur, bien que basée sur une hypothèse non confirmée expérimentalement, n'en reste pas moins plus satisfaisante pour la logique du système PDI.

MINERAUX

=====

1 - Composition minérale

Les tables INRA (dans Pratique de l'Alimentation des Bovins 1978 tome 1 - 95 pages) donnent les chiffres pour un lactosérum doux écrémé

0,41 g Ca par kg produit brut

0,47 g P par kg produit brut pour une teneur
en MS de 6,7% soit 6,12 g/kg MS de Ca
7,01 g/kg MS de P.

Les sérums en général sont riches en potassium (+ de 20 g/kg MS) en sodium et en chlorures (Février et Chauvel 1977).

Le sérum que nous avons utilisé contient
(voir plus haut) :

4,95 g/kg MS de Ca

5,68 g/kg MS de P

Comme nous l'avons déjà souligné, les teneurs en minéraux varient considérablement selon les types de sérums mais la richesse en potassium, sodium et chlorure reste un facteur assez constant alors que la relative pauvreté en calcium peut être amenée à varier énormément.

2 - Les oligoéléments

La variabilité de la teneur en oligoélément fait que le lactosérum n'en est pas une source fiable.

3 - Digestibilité

Elle est modifiée par la consommation de lactose chez les Monogastiques (Ali et Evans 1967) Fournier et Dupuis (1963). Chez les Ruminants, par contre, elle est inchangée pour le calcium et le phosphore ainsi que le magnésium (Schingoethe et Coll. 1980). Pour le sodium, on note une augmentation très nette de l'excrétion urinaire. Malgré cette augmentation, il semble qu'il y ait eu une augmentation de la rétention sodée dans l'organisme bien que cette augmentation puisse être due à des facteurs individuels.

Le potassium est absorbé en beaucoup plus grande quantité avec un régime contenant du lactose (lactose ou lactosérum) mais l'augmentation d'absorption correspond exactement à l'augmentation d'excrétion urinaire.

VITAMINES

=====

Les vitamines du groupe B sont abondantes dans le lactosérum, mais leur teneur est extrêmement variable et certaines d'entre elles peuvent être altérées ou détruites au cours des opérations de stockage et de manutention. On ne peut donc pas quantifier cet apport vitaminique.

Dans le lactosérum écrémé, les vitamines liposolubles (A, D, E, K,) sont absentes.

LA VALEUR ALIMENTAIRE DU LACTOSERUM QUE NOUS AVONS UTILISE
EST RESUMEE DANS CE TABLEAU

	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P	K	Na
par kg de MS	1,12	1,12	75	84,4	4,95	5,68	15,47	6,0
par kg de produit brut	0,069	0,069	4,65	5,23	0,31	0,35	0,96	0,37

en grammes.

Tableau 5

CHAPITRE QUATRIEME

=====

Utilisation pratique du lactosérum dans l'alimentation de la vache laitière

DISTRIBUTION

RATIONNEMENT PRATIQUE :

- 1 - En remplacement du concentré
 - 1-1 Ration de base
 - 1-2 Concentré de production
 - 1-2-1 Concentré classique
 - 1-2-2 Avec du lactosérum
- 2 - En remplacement mixte (Concentré et ration de base)
- 3 - Tableau récapitulatif des rations (graphique n° 2)
- 4 - Correction azotée du lactosérum doux par le tourteau de Soja-50 (tableau N°7)

ASPECT ECONOMIQUE :

- 1 - Prix de revient des différentes rations
- 2 - Tableau comparatif (Tableau N° 8)

CHAPITRE QUATRIEME

=====

Utilisation pratique du lactosérum brut dans l'alimentation de la vache laitière

DISTRIBUTION

=====

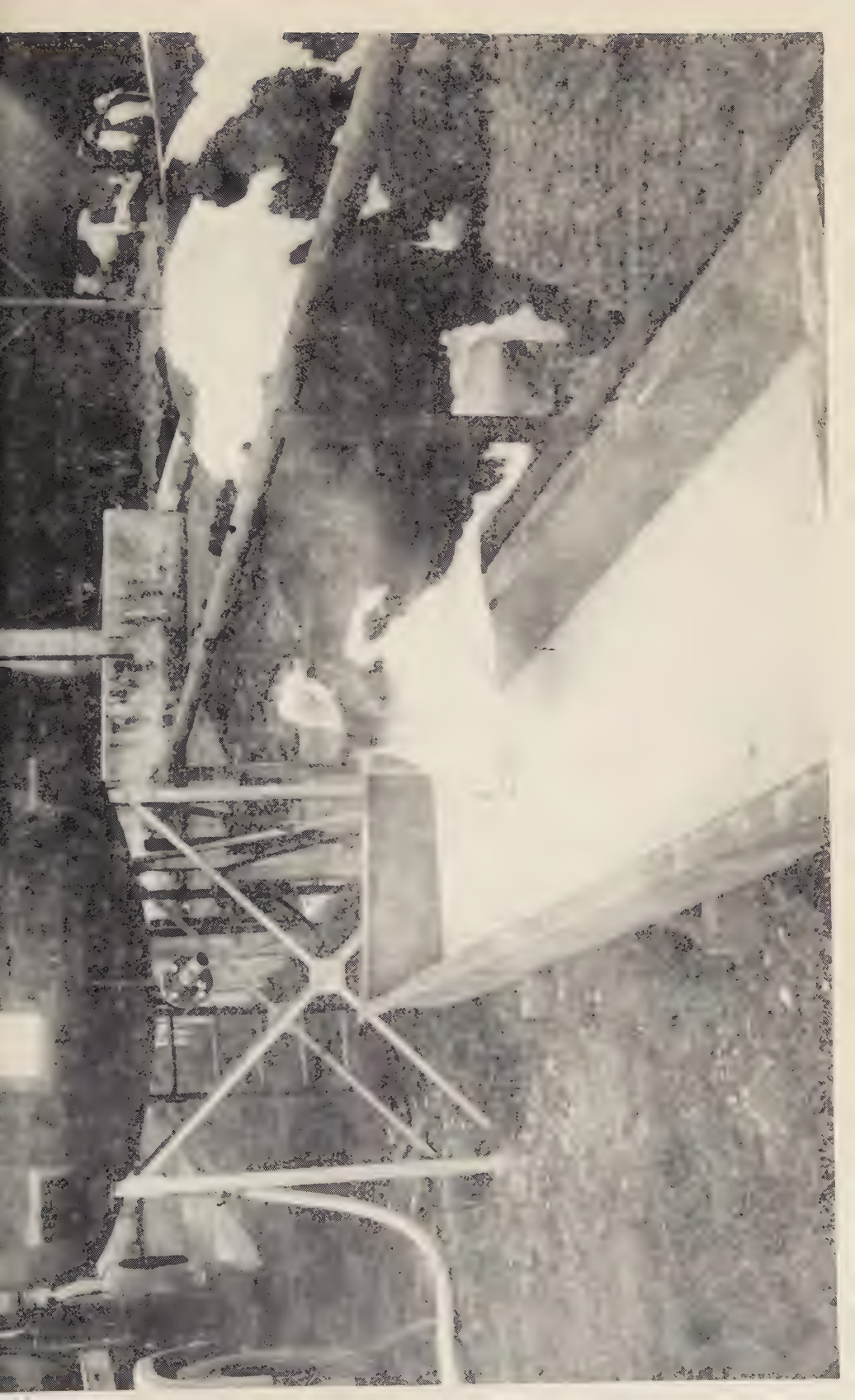
L'expérience prouve qu'à de rares exceptions près, les vaches laitières boivent très volontiers le lactosérum liquide.

Lorsque le sérum est distribué à volonté comme seule source d'abreuvement, des quantités de l'ordre de quatre vingt dix litres par jour peuvent être ingérées (Anderson et coll. 1974). Mais avec cette consommation, on note une diminution significative de la matière sèche totale ingérée (Anderson et coll. 1974).

Il est préférable de distribuer le lactosérum en libre service mais en limitant les quantités moyennes ingérées par animal et par jour.

Malgré les écarts d'ingestion dûs aux variations individuelles d'appétit, ce rationnement permettra même chez les "grosses buveuses" d'éviter en partie les phénomènes de substitution rencontrés lors de consommation excessive. Cela permettra en fin de compte d'éviter des baisses trop fortes de performances.

Dans notre essai, la quantité offerte a été limitée à 40-50 litres par vache et par jour et le bac abreuvoir est disposé sur le chemin de retour de la salle de traite.



En effet, c'est après chaque traite surtout que les animaux vont boire (Hoden 1977). En outre, le bac abreuvoir est d'une taille suffisante pour que six vaches puissent boire simultanément. De plus, comme les vaches sortent de la salle de traite au fur et à mesure, cette disposition permet d'éviter certains phénomènes de compétition.

RATIONNEMENT PRATIQUE

=====

Le lactosérum peut, en s'ajoutant à la ration de base habituellement utilisée, augmenter sa valeur énergétique et ainsi économiser une partie ou la totalité du concentré classique. Il peut être aussi substitué à une partie de cette ration de base, tout en économisant une part plus faible du concentré (Remplacement mixte).

1 - En remplacement du concentré

Nous allons étudier comparativement une ration de type hivernal à base d'ensilage de maïs enrichi en ammoniac et de foin de graminées.

L'équilibre de cette ration est établi avec du tourteau de Soja-50 et le concentré de production sera soit un concentré standard (4 parties d'orge pour une partie de tourteau de Soja-50), soit un complément de production utilisant le lactosérum (lactosérum 45 litres + tourteau de Soja-50).

Ces rations sont équilibrées à un niveau de production de 22 kg de lait par jour pour une vache de 600 kg de poids vif.

1-1 Ration de base

Elle comporte de l'ensilage de maïs enrichi en ammoniac (11,6 kg de MS), du foin de graminées (1 kg MS). Elle est équilibrée à 13,5 kg de lait par jour avec 280 g de tourteau de Soja-50.

1-2 Concentré de production

1-2-1 Concentré classique (Ration 0)

4 parties d'orge pour une partie de tourteau de Soja-50.

Il s'agit d'un concentré standard : 1 kg permet la production de 2,5 kg de lait. Pour une vache produisant 22 kg par jour, il faut 3,4 kg de concentré standard.

Pour établir l'équilibre minéral, nous utilisons un CMV type 6-24 distribué à raison de 180 g par jour auquel on ajoute 115 g de carbonate de calcium par vache et par jour.

1-2-2 Concentré avec lactosérum (Ration 1)

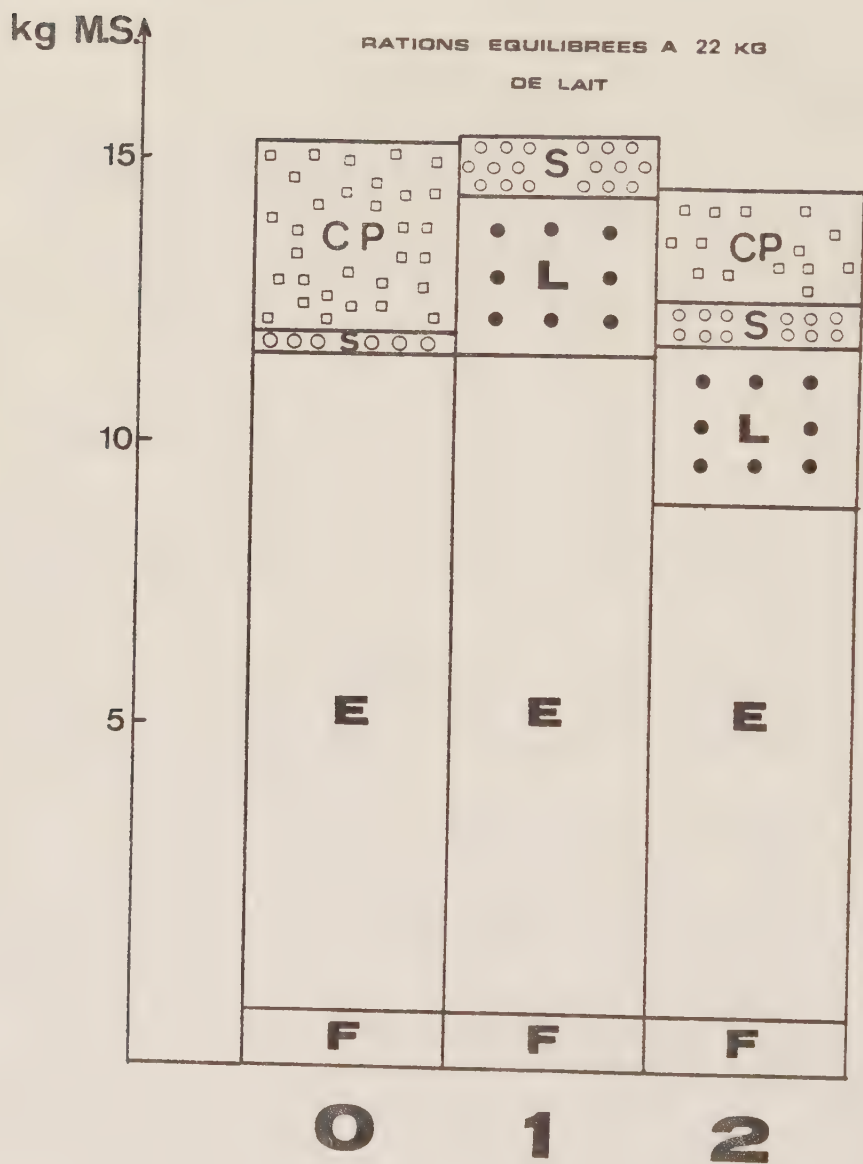
On distribue en plus de la ration de base précédente (équilibrée à 13,5 kg) 45 litres de lactosérum.

Cette nouvelle ration est équilibrée à 22 kg de lait avec un apport de 0,7 kg de tourteau de Soja-50 auquel on ajoute 100 g de CMV type 6-24 et 125 g de carbonate de calcium.

2 - En remplacement mixte (Ration 2)

La ration de base comporte du foin (1 kg MS), de l'ensilage de maïs enrichi en ammoniac (9 kg MS) et du lactosérum (2,8 kg MS). Elle est équilibrée à 17 kg par 0,75 kg de tourteau de Soja-50 et pour arriver à 22 kg, on utilise 2 kg de concentré classique. L'équilibre minéral ne nécessite que 120 g de carbonate de calcium.

3 - Diagramme récapitulatif des rations (graphique N°



F FOIN
E ENSILAGE
L LACTOSERUM
S SOJA
CP CONCENTRE

4 - Correction azotée du lactosérum doux par le tourteau de Soja-50 (Tableau n° 7)

CORRECTION AZOTEE DU LACTOSERUM DOUX
PAR LE TOURTEAU DE SOJA 50

LACTOSERUM		Totale kg	CORRECTION	A P P O R T S					PRODUCTION PERMISE
Quantité distribuée	MS g/l		SOJA 50 (kg)	UFL	PDIE	PDIN	P	Ca	kg de lait
30 l	55	1,6	0,68	2,5	295	375	15	13	5,9
	60	1,8	0,74	2,7	320	385	15	14	6,4
	65	1,9	0,80	3	345	420	17	15	6,9
	70	2,1	0,86	3,22	375	450	18	26	7,5
40 l	55	2,2	0,91	3,3	290	470	19	18	7,8
	60	2,4	0,99	3,6	425	515	20	19	8,5
	65	2,6	1,07	4	465	560	22	21	9,2
	70	2,8	1,15	4,3	500	600	25	22	10
50 l	55	2,7	1,13	4,2	490	590	24	22	9,8
	60	3	1,24	4,6	535	645	26	25	10,7
	65	3,2	1,34	5	580	700	28	26	11,6
	70	3,5	1,44	5,4	625	755	31	26	12,5
60 l	55	3,3	1,36	5,0	540	710	30	27	11,8
	60	3,6	1,49	5,5	640	755	32	29	12,8
	65	3,9	1,61	6	690	840	34	32	13,9
	70	4,2	1,73	6,45	750	905	36	34	15

Tableau n° 7

ASPECT ECONOMIQUE

=====

Le prix de ces rations ne comprend pas, dans les comparaisons suivantes (Tableau n° 8), le prix des différents apports minéraux utilisé (CMV, carbonate de calcium). Le prix des minéraux est sensiblement identique pour la ration témoin et la ration au lactosérum de Type 1.

La ration (2) économise le CMV 6-24 par rapport à la ration (1), ce qui la met au même niveau de rentabilité (0,06 F d'économie par kilo de lait produit). La diminution des quantités d'ensilage ingérées entraîne un gain estimé à 0,043 ha par vache et par lactation (300 jours).

L'emploi du lactosérum présente donc un intérêt économique indéniable.

- TABLEAU COMPARATIF DU PRIX DE REVIENT DE RATIONS COMPORTANT OU NON DU LACTOSERUM BRUT -

ALIMENTS	Sans lactosérum			Avec lactosérum (1)			Avec lactosérum (2)		
	Quantité en kg MS.	Prix unit. par kg MS.	Prix de revient	Quantité en kg MS.	Prix unit. par kg MS.	Prix de revient	Quantité en kg MS.	Prix unit. par kg MS.	Prix de revient
Ensilage maïs-NH ₃	11,6	0,80 F	9,28 F	11,6	0,80 F	9,28 F	9	0,80 F	7,20 F
Foin	1	0,60 F	0,60 F	1	0,60 F	0,60 F	1	0,60 F	0,60 F
Lactosérum (45 l.)	0	0,64 F	0	2,8	0,64 F	1,80 F	2,8	0,64 F	1,80 F
T. soja 50 (équil.R.B.)	0,28 *	2,15 F *	0,60 F	0,28 *	2,15 F *	0,60 F	0	2,15 F *	0
Concentré st. de prod.	3,4 *	1,40 F *	4,76 F	0	1,40 F *	0	2 *	1,40 F *	2,80 F
T. soja 50 (production)	---	2,15 F *	-----	0,7 *	2,15 F *	1,50 F	0,75	2,15 F *	1,61 F
Coût total			15,24 F			13,78 F			14,01 F
Prix de rev. per kg lait			0,69 F			0,63 F			0,64 F

- Les rations ont été équilibrées pour une production quotidienne de 22 kg de lait à 40 p.1000 de M.G.

- Ces prix s'entendent pour l'hiver 1980-1981.

- Les chiffres suivis d'une astérisque (*) sont exprimés par rapport au kg de produit brut.

Tableau n°8

CHAPITRE CINQUIEME

=====

Le lactosérum liquide est-il intéressant ?

INFLUENCE SUR LA SECRETION LACTEE

- 1 - Effets sur la quantité produite
- 2 - Influence sur la qualité du lait
 - 2-1 Modification des lipides
 - Aspect quantitatif (taux butyreux)
 - Aspect qualitatif
 - 2-2 Modification du taux des matières azotées
 - 2-3 Evolution du taux de matière sèche utile (MSU).

INFLUENCE SUR LE PROFIL BIOCHIMIQUE SANGUIN

- 1 - Résultats
- 2 - Discussion
 - 2-1 Glycémie
 - 2-2 Acétoacétate
 - 2-3 D-(3)-hydroxybutyrate
 - 2-4 Lactate
 - 2-5 Pyruvate
 - 2-6 Minéraux

CONSEQUENCES SUR L'HYGIENE DU TROUPEAU

- 1 - Etat général des animaux
- 2 - Observations de cas pathologiques
 - 2-1 Pendant la période d'adaptation
 - 2-2 Après la période d'adaptation
- 3 - Diagnostic et traitement
- 4 - Etiologie et pathogénie probables
- 5 - Autres observations
 - 5-1 Mammites
 - 5-2 Influences sur la reproduction
 - 5-3 Maladies contagieuses
 - 5-4 Parasitisme
- 6 - Précautions et prophylaxies
 - 6-1 Précautions nutritionnelles
 - 6-2 Mesures d'hygiène générale
 - 6-3 Prophylaxie médicale et sanitaire.

CHAPITRE CINQUIEME =====

Le lactosérum liquide est-il intéressant ?

INFLUENCE SUR LA SECRETION LACTEE =====

Les effets sur la quantité et la qualité du lait produit par des vaches nourries au lactosérum ont donné lieu à des recherches de la part de nombreux auteurs. Si certaines conséquences font l'unanimité, d'autres offrent encore de nombreuses lacunes.

1 - Effets sur la quantité produite

Huber et coll. (1967) notent que des vaches recevant 60% de la matière sèche de la ration sous forme de poudre de lactosérum voient leur production laitière diminuer alors qu'elle reste inchangée pour des taux d'incorporation de la poudre de lactosérum allant jusqu'à 30%.

Anderson et coll. (1974) ne remarquent aucune variation de la quantité produite et Welch et Nilson (1973) ont même constaté une légère augmentation de la production dans des troupeaux non expérimentaux qui recevaient 65 litres de sérum en plus d'une ration à base de foin.

Remond et Coll. (1978) notent une tendance à la baisse avec une ration à base de fourrage. C'est aussi le cas avec une ration riche en concentré (Schingoethe, Stake et Owens 1973).

Parmi les éleveurs que nous avons suivis, certains ont noté une légère diminution des quantités produites, d'autres n'ont rien remarqué.

D'après Remond et Coll. (1978), les diminutions de productions observées s'estompent lorsque la quantité produite est ramenée à un lait de qualité standardisée (40% TB, 12% MA).

Il semble donc que le lactosérum diminue dans quelques cas très légèrement la production laitière, diminution qui est compensée par une modification de la qualité du lait.

2 - Influence sur la qualité du lait

2-1 Modification des lipides du lait

Aspect quantitatif et taux butyreux

.....
La plupart des résultats obtenus le sont avec l'incorporation de lactosérum ou de dérivés dans des rations riches en concentré qui ont en général pour effet de diminuer le taux butyreux (par augmentation des fermentations propioniques). Malgré cela on observe une augmentation du taux butyreux (+ 5 g par litre) à des taux d'incorporation de 10-20% de la MS totale. (Huber et Coll. (1967) - Schingoethe et coll. (1973) Rosser et coll. (1971).

Ces mêmes auteurs ont montré le rôle important des minéraux dans le maintien ou l'augmentation du taux butyreux par comparaison des effets relatifs de lactosérum complet, délactosé, déminéralisé ou de lactose pur.

Dans des rations à base de fourrages, Bowmann et Huber (1967) observent une augmentation du taux butyreux de 6 g par kg quand du lactose (3,5 kg/jour) est incorporé à un concentré à base de maïs en complément d'une ration d'ensilage de maïs et de foin.

Anderson et coll. (1974) n'observent pas d'augmentation du taux butyreux avec du lactosérum (60-90 litres) mais ils expérimentent sur des vaches produisant un lait déjà riche en matières grasses (37 g/l). Cependant, avec une ration de base d'ensilage de maïs, Remond et coll. (1978) ont observé une augmentation du taux butyreux (4 - 5,7 - 2,5 g/l. selon les essais).

Notre étude du taux butyreux porte sur quatre exploitations de la Bresse pendant la période Avril-Septembre 1980 (référence) et Avril-Septembre 1981 (avec lactosérum).

Ces périodes correspondent à la fin des rations hivernales :

- 3 avec ensilage de maïs enrichi en ammoniac + foin (1 kg) + concentré
- 1 avec ensilage de maïs enrichi + foin (1 kg) + betteraves + concentré

et à une ration estivale : pâturage + concentré.

Ces résultats sont rassemblés dans le graphique n° 3 et le tableau ci-après.

Taux butyreux moyens par exploitation (Période Avril-
Septembre)

TAUX BUTYREUX g/l

Exploitations	1	2	3	4	moyenne des 4 exploitations
1980	38,60	39,66	37,80	36,75	38,20
1981	39,55	40,71	38,95	36,93	39,03
variation	+ 0,95	+ 1,05	+ 1,15	+ 0,18	+ 0,83

La variation moyenne (+ 0,83) est inférieure à celle en général enregistrée par les auteurs précédemment cités ; mais elle va dans le sens de l'augmentation (+ 1 g par litre dans 3 des quatre exploitations : exploitations (1-2-3).

En outre, la période considérée correspond à la ration estivale (pâturage) qui n'est peut-être pas la plus favorable pour une augmentation du taux butyreux.

Il est intéressant de noter que cette augmentation, malgré des facteurs saisonniers inhibiteurs, atteint même des exploitations où le taux butyreux était déjà élevé (exploitation 2 en particulier) et que la moyenne des taux butyreux des quatre exploitations qui est déjà élevée ne favorise pas tellement une augmentation plus marquée.

Néanmoins, nous considérons que le lactosérum liquide incorporé dans des rations de vaches laitières à des taux moyens (45 l. par jour et par vache) entraîne une augmentation plus ou moins forte, selon le reste de la ration, du taux butyreux du lait produit.

Aspect qualitatif

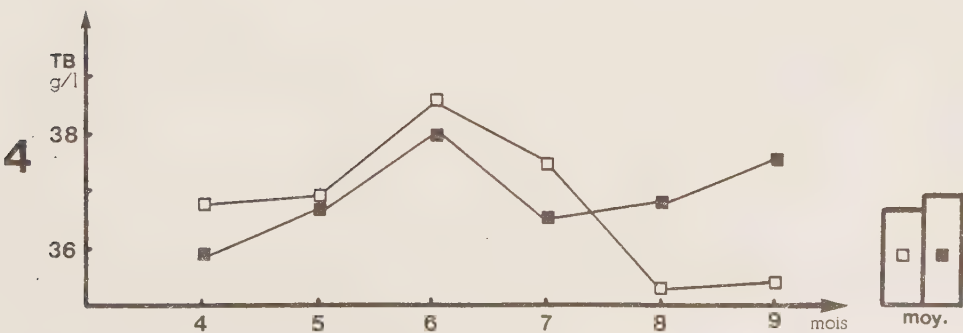
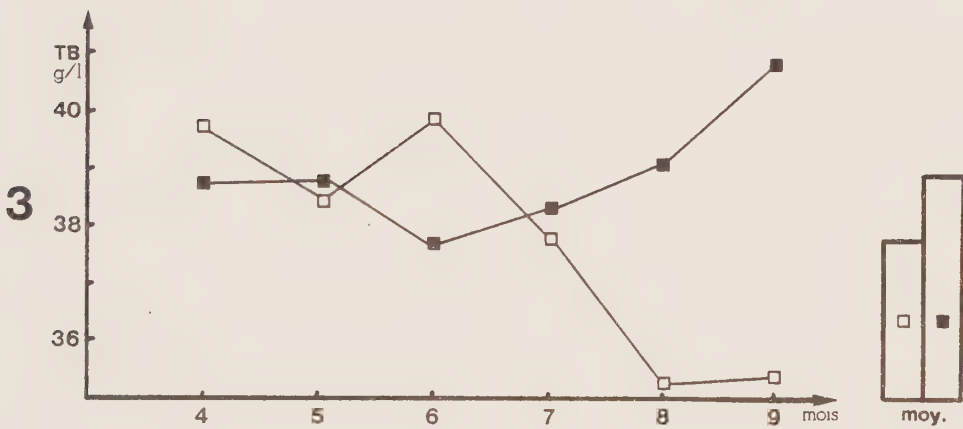
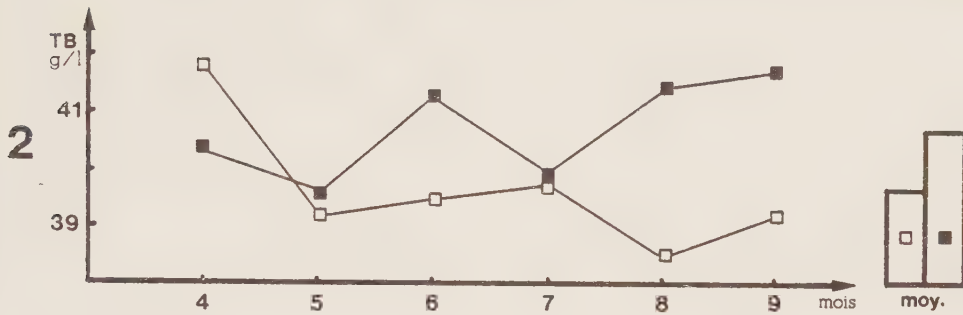
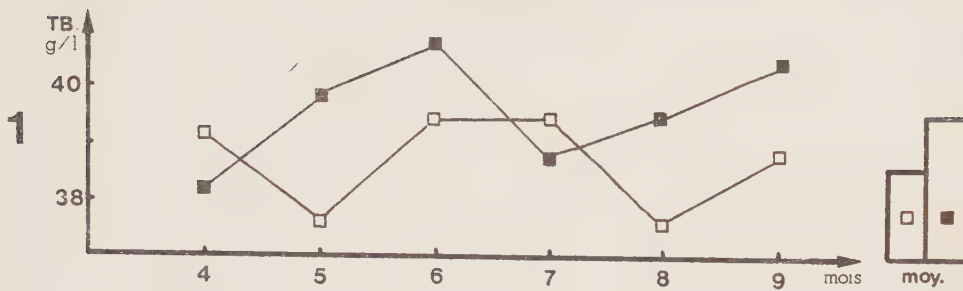
.....

Huber et coll. (1969) ont constaté une augmentation dans les lipides du lait de la proportion d'acide gras à chaîne courte, dont le butyrate est un des précurseurs. Schingoethe et coll. (1973) ont mesuré une augmentation des acides gras insaturés (linoléique, oléique et palmitoléique) et une diminution des acides gras saturés (stéarique et palmitique).

TAUX BUTYREUX

Période Avril-Septembre 1980 □, 1981 ■

GRAPHE n°3



Ces modifications ont une conséquence sur les caractères organoleptiques du lait. Leur étude a montré une augmentation de la teneur en phospholipides du lait. Or la plupart des facteurs du goût et de l'odeur du lait se trouvent dans ces phospholipides. Mais cette augmentation par rapport à une ration riche en concentré n'est pas significative alors qu'elle l'est par rapport à une ration classique assez pauvre en concentré. L'addition de lactosérum dans la ration ne modifie ni en bien, ni en mal, les caractères organoleptiques du lait.

2-2 Modification du taux des matières azotées

Huber, Polan et Rosser (1967) ne notaient aucune modification du taux de matières azotées lors de l'adjonction de lactosérum en poudre dans des rations riches en concentré (84%) et contenant du foin (16%).

Bowmann et Huber (1967) n'ont constaté aucun effet du lactose sur le taux de matières azotées totales du lait.

Remond et coll. (1978) ont noté une légère augmentation du taux de matières azotées qu'ils attribuent au moins en partie à une légère diminution de la quantité de lait produite ce qui revient à concentrer la sécrétion lactée en matières azotées.

Pour notre part, nous avons remarqué une très légère augmentation des taux de matières azotées dans les quatre exploitations suivies pendant la période Avril-Septembre 1980 (pour les références) et Avril-Septembre 1981 (Graphique n° 4)

Taux de matières azotées

Exploitations	1	2	3	4
1980	33,98	34,65	32,52	31,08
1981	34,87	34,65	32,80	31,67
Variation	+ 0,89	0	+ 0,28	+ 0,59

Variation moyenne + 0,44

Cette augmentation est faible. Nous pouvons noter cependant une plus grande régularité dans l'évolution mensuelle des taux de matières azotées.

Etant donné que la teneur en matières azotées est à déterminisme génétique - alors que l'alimentation joue un rôle important dans le taux butyreux - nous ne nous attendions pas à une variation spectaculaire.

Néanmoins, une étude à plus long terme pourrait permettre de préciser ce facteur.

Nous n'avons pas noté de variation du taux de caséine et les fluctuations du taux d'azote non protéique du lait ne sont pas révélatrices d'une quelconque tendance.

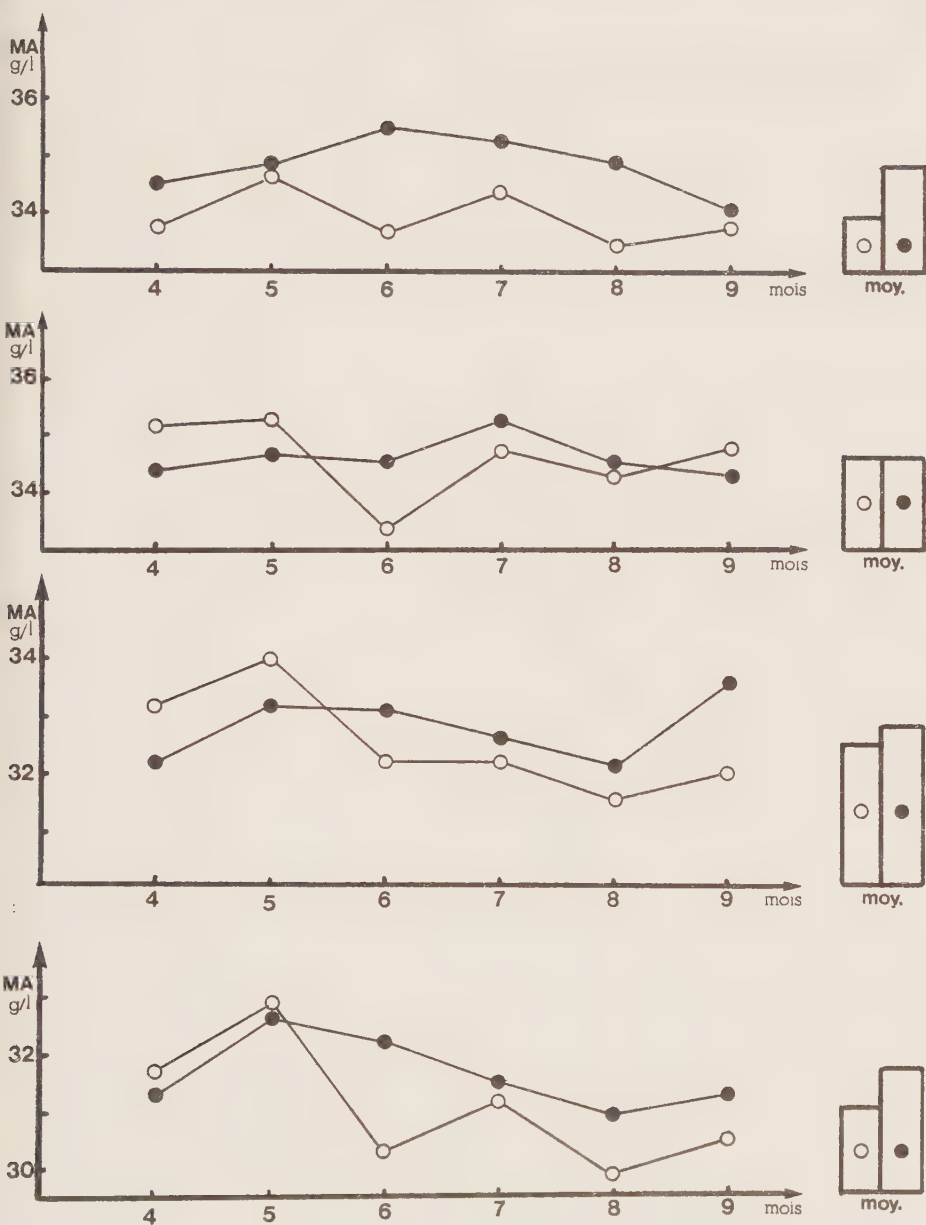
2-3 Evolution du taux de Matière Sèche Utile
(MSU)

On entend par MSU, la somme taux butyreux + taux de matières azotées.

Ces deux facteurs ayant augmenté, la MSU est donc en hausse (Graphe n° 5).

TAUX DE MATIERES AZOTEES

Période Avril-Septembre 1980 ○, 1981 ●



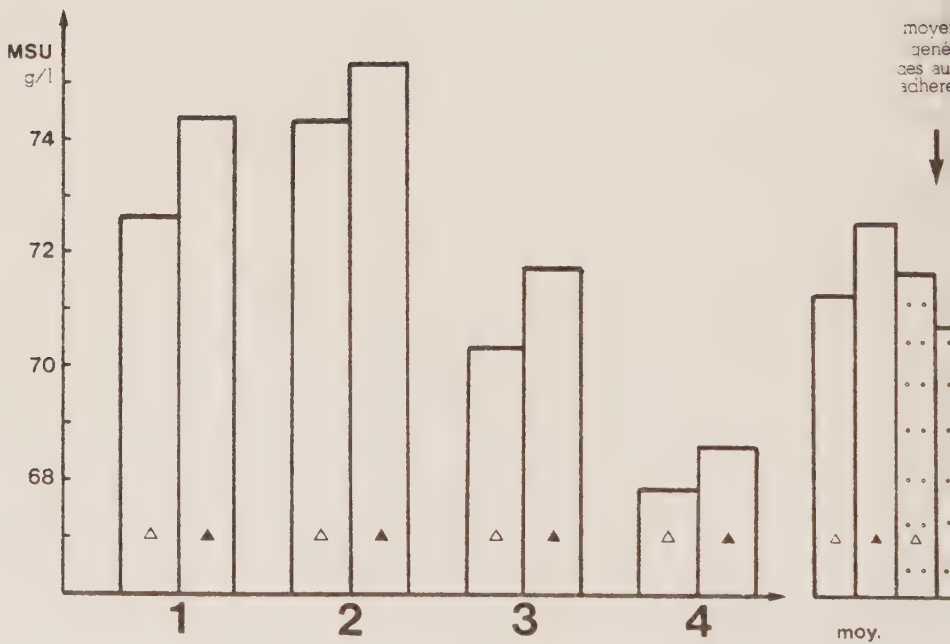
GRAPHE n° 4

TAUX MATIERE SECHE UTILE (MSU)

Exploitation	1	2	3	4	moyenne
1980	72,58	74,31	70,32	67,83	71,26
1981	74,42	75,36	71,75	68,60	72,53
Variation	+ 1,84	+ 1,05	+ 1,43	+ 0,77	+ 1,27

TAUX DE MATIERE SECHE UTILE

Période Avril-Septembre 1980△,1981▲



GRAPHE n° 5

Cette augmentation du taux moyen de matière sèche utile de 1,27 g/l est à mettre en parallèle à une diminution globale de 1 g/l pour les mêmes périodes des adhérents de la laiterie-fromagerie (71,7 en 1980 contre 70,7 pour 1981).

Le lactosérum liquide associé à une ration estivale entraîne donc une augmentation de la MSU du lait de 2,27 g/l, cette augmentation étant principalement le fait de l'augmentation du taux butyreux - même dans l'exploitation 1 lorsque le taux de MSU était déjà élevé.

Une analyse de variance à deux facteurs a été réalisée sur l'ensemble des résultats pour prendre en compte l'influence du lactosérum et celle du mois sur le taux butyreux, le taux azoté et la MSU. Aucune différence n'est significative, probablement du fait de la taille trop étroite de l'échantillonnage. Il faut cependant remarquer que la moyenne 1981 concernant la MSU des adhérents de la coopérative n'utilisant pas le lactosérum a baissé de 1 point par rapport à 1980. Les variations constatées qui signent une tendance à l'augmentation sont par contre confirmées si l'on prend en compte ce facteur.

INFLUENCE SUR LE PROFIL BIOCHIMIQUE SANGUIN

=====

Dans ce travail, nous avons étudié l'influence de l'alimentation au lactosérum sur quelques paramètres sanguins.

La glycémie plasmatique est mesurée selon la méthode de Trinder (1969) modifiée, le pyruvate, l'acétoacétate et le D-(3)-hydroxybutyrate par des techniques enzymatiques spectrophotométriques (Mellanby et Williamson 1974) et le lactate par la méthode enzymatique spectrophotométrique de Gutman et Wahlefeld (1974). Le calcium, le sodium et le potassium ont été dosés par spectrophotométrie de flamme, le phosphore par la méthode colorimétrique de Briggs (1924) et le magnésium par photométrie d'absorption atomique.

Les mesures portent sur 55 échantillons prélevés dans 4 exploitations (respectivement 12-21-10-12) au mois d'avril et au mois de septembre 1981.

1 - Résultats

Résultats des profils biochimiques sanguins :

Moyenne Avril-Septembre 1981 par exploitation.

- Profils biochimiques sanguins
Résultats par exploitations.

	1	2	3	4
Hématocrite	34,8	34,8	33,3	33
Glycémie (g/l)	0,66	0,68	0,85	0,81
Acétoacétate (mM)	0,0077	0,0045	0,0120	0,0160
D-(3)-hydroxybutyrate (mM)	0,41	0,71	0,62	0,56
Lactate (mM)	0,97	1,61	1,85	1,16
Pyruvate (mM)	0,072	0,098	0,085	0,079
Calcium (mg/l)	84,7	86,20	91,38	90,63
Phosphore (mg/l)	55,8	60,6	64,2	59,5
Potassium (mg/l)	161,5	157	192,5	181
Sodium (g/l)	3,12	3,12	3,26	3,20
Magnésium (mg/l)	24,74	23,47	26,2	26,56

- L'hématocrite a des valeurs normales (31-40).
- Les valeurs de la glycémie sont normales et même situées dans la partie supérieure de l'écart normal (0,13-0,78) (Brion et Fontaine 1978).
- L'acétoacétate a des valeurs faibles, inférieures dans les formes 1 et 2 à la normale ($0,0133 \pm 0,41$ mM - Altmann et Dittmer 1974).
- Les taux de D-(3)-hydroxybutyrate sont nettement supérieurs aux taux habituellement rencontrés en période estivale (0,16 - 0,26 mM selon Kelly 1977).
- Le lactate sanguin est sensiblement supérieur aux normes ($0,51 \pm 0,26$ mM Altmann et Dittmer 1974).
- Les teneurs en pyruvate sont supérieures aux normes ($0,053 \pm 0,025$ mM Altmann et Dittmer 1974).
- La calcémie est très nettement inférieure aux normes couramment admises (90-117).
- La teneur en phosphore minéral est normale (37-81).
- La kaliémie est normale (135-200) ainsi que la natrémie (3-3,30) et la magnésémie bien que cette dernière soit située dans la partie supérieure de l'écart normal (18-27).

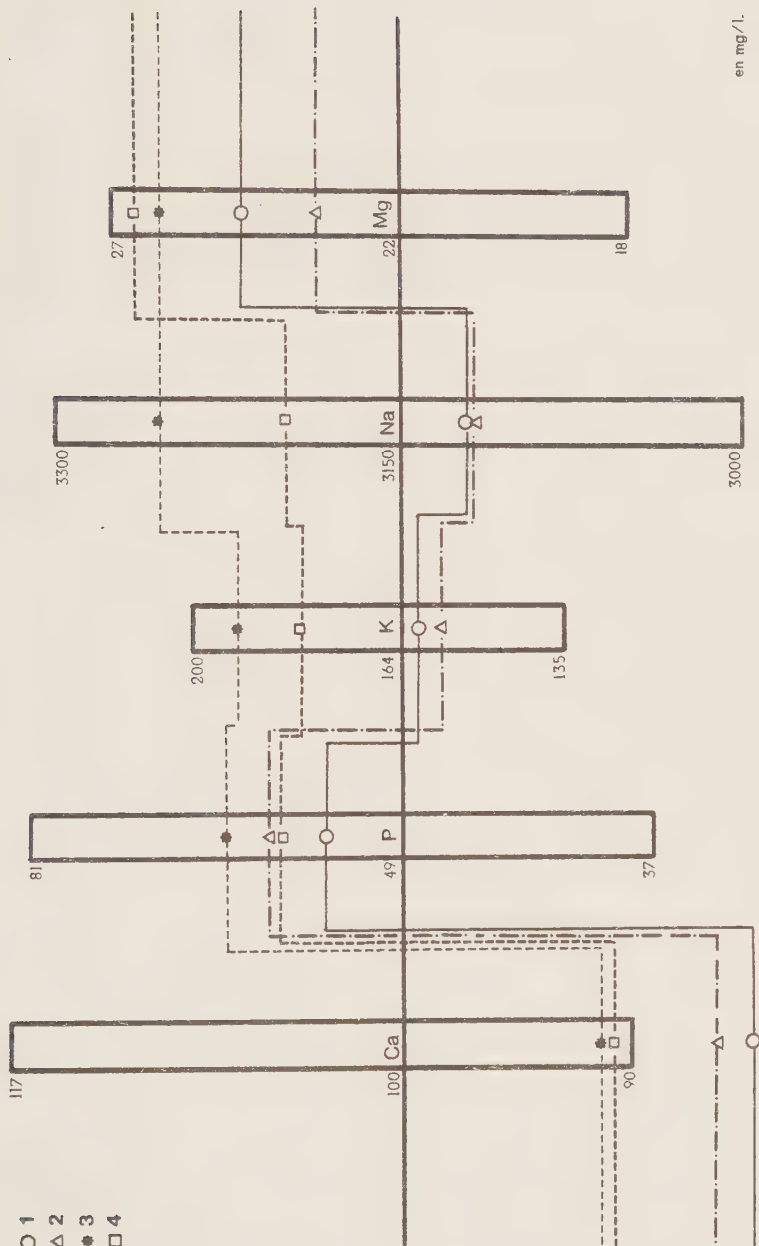
Les valeurs des éléments minéraux sont schématisés sur le graphe n° 6.

2 - Discussion :

2-1 Glycémie :

Huber et coll. (1967) notent une baisse de la glycémie sanguine (0,45 g/l) par rapport à un régime riche en concentré sans lactosérum (0,52 g/l) bien que ces valeurs restent normales. Les valeurs que nous avons trouvées sont, au contraire, assez élevées bien que normales.

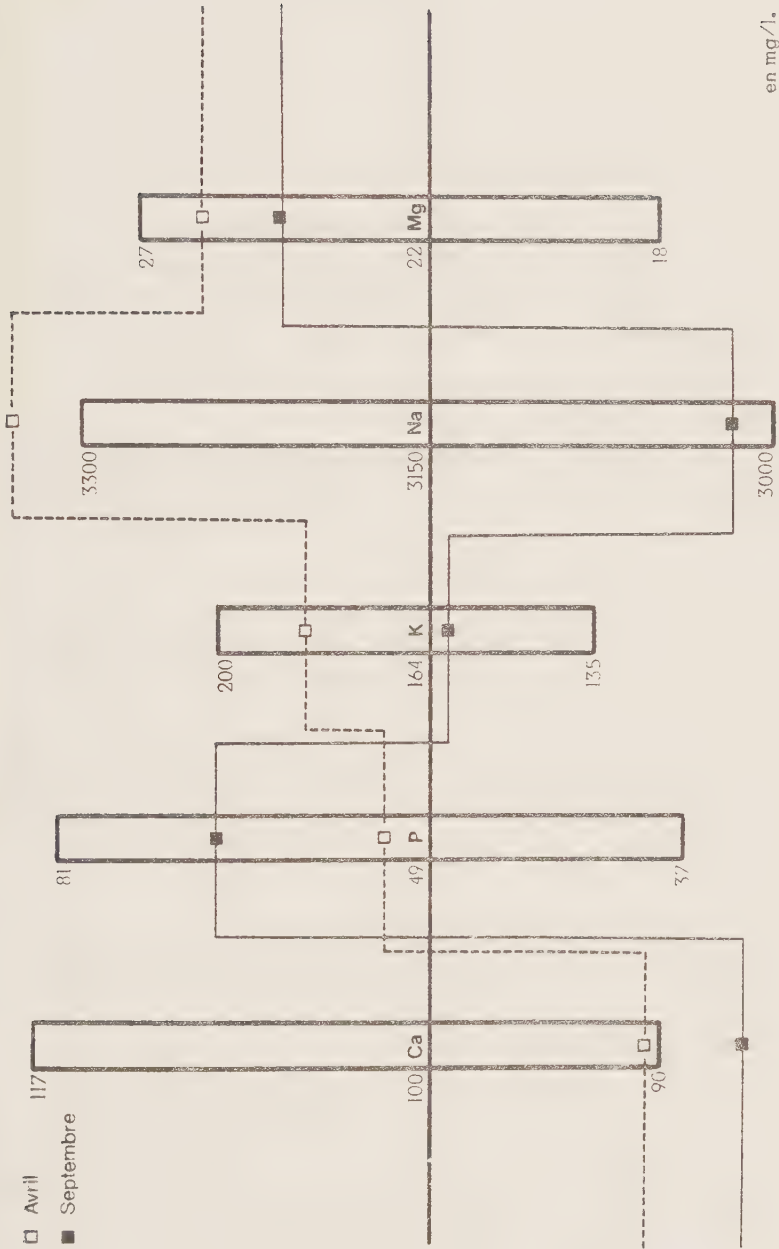
O 1
 Δ 2
 * 3
 □ 4



PROFILS BIOCHIMIQUES

Période Avril-Septembre 1981-moyennes par exploitation

GRAPHE n°6



PROFILS BIOCHIMIQUES

Avril et Septembre 1981-moyennes des 4 exploitations

GRAPHE n° 7

2-2 Acétoacétate :

Les valeurs sont faibles dans deux des fermes. Il est à noter que sur 55 échantillons dont nous avons enlevé 3 résultats aberrants, soit sur 52 résultats individuels, 36 étaient nuls.

2-3 D-(3)-Hydroxybutyrate :

Si le taux de butyrate ruminal a été étudié, celui de D-(3)-Hydroxybutyrate sanguin ne l'a pratiquement pas été lors d'alimentation avec du lactosérum.

Kelly (1977) a montré que ce taux sanguin suit assez fidèlement l'alimentation et qu'il a tendance à augmenter lorsque la qualité de l'herbe diminue fortement. Les valeurs qu'il considère comme normales vont de 0,16 à 0,52 mM (3 à 9,9 mg/100 ml de sérum), la valeur supérieure étant celle rencontrée à la fin de l'automne lorsque la qualité de l'herbe diminue. L'écart-type en période estivale étant 0,16-0,26 mM. (Kelly cite des cas de cétose clinique avec une concentration de 0,52 à 2,08 mM).

N'ayant pu faire de contrôle sur les vaches en expérimentation avant l'introduction du lactosérum dans la ration, nous prenons comme référence sur la période estivale de notre expérimentation les valeurs énoncées par Kelly.

Le D-(3)-hydroxybutyrate sanguin a deux origines :

une origine hépatique et une origine ruminale.

La cétogénèse hépatique est alimentée essentiellement par des acides gras non estérifiés du sang provenant de la mobilisation des graisses de réserve sous l'influence d'un déficit énergétique. Son accélération excessive aboutit à une cétose pathologique.

La cétogénèse "alimentaire" s'effectue dans la paroi du rumen à partir de l'acide butyrique formé dans ce réservoir.

Le taux de D-(3)-hydroxybutyrate sanguin est la résultante de ce qui est synthétisé (par le foie et par le rumen) et de ce qui est consommé. Son élévation n'est pas due dans le cas présent à une diminution de la consommation car on aboutirait alors à une cétose grave, ce qui n'est pas le cas. L'augmentation de la synthèse hépatique n'en est pas non plus la cause parce qu'elle ne se produit qu'en cas de cétose subclinique ou clinique dans lesquelles on note une hypoglycémie nette, ce qui n'est pas le cas.

Il semble donc que cette augmentation du taux sanguin de D-(3)-hydroxybutyrate soit due à une augmentation de la synthèse ruminale.

Ce fait est, sommes toutes, logique étant donné l'augmentation très sensible du taux d'acide butyrique dans le rumen que de nombreux auteurs ont constaté.

La corrélation entre l'augmentation du D-(3)-hydroxybutyrate sanguin et le taux butyreux n'est pas évidente. Cependant on sait que l'acide butyrique du rumen entraîne la formation des acides gras à chaîne courte du lait (ainsi que l'acide acétique). Lors d'adjonction de lactosérum dans la ration, on note une augmentation du taux d'acides gras à chaîne courte du lait (Huber et Coll. 1969). Il n'est pas incongru de penser qu'une partie au moins de l'augmentation du taux d'acides gras à chaîne courte du lait soit une conséquence de l'augmentation du taux sanguin de D-(3)-hydroxybutyrate.

2-4 Lactate

La forte teneur sanguine en lactate peut avoir deux origines :

- une origine endogène par augmentation de la production d'acide lactique (en général il s'agit du travail musculaire).
- une origine alimentaire : en effet une partie au moins du lactose est métabolisé en acide lactique qui peut être absorbé en l'état. S'il y a accumulation, on aboutit à un état d'acidose lactique.

La première hypothèse ne nous semble pas devoir être retenue car nous avons éliminé de nos résultats les animaux "indisciplinés" ou ceux sur lesquels la contention avait nécessité des méthodes coercitives poussées.

L'origine de cette augmentation semble donc être alimentaire par production d'acide lactique à partir du lactose. Le fait que nous n'ayons pas eu - sauf exception que nous étudierons plus loin - d'accidents du type acido nous fait penser que ce surplus est soit utilisé, soit éliminé ce qui fait que ce taux élevé n'est pas pathologique mais nécessite quand même d'être vigilant. L'augmentation de la diurèse (voir plus loin) aide certainement l'élimination.

2-5 Pyruvate

Le taux sanguin de pyruvate assez élevé dans sa moyenne suit de près l'augmentation du taux de lactate indiquant que l'évolution du pyruvate suit celle du lactate

Il n'y a donc pas de conséquence métabolique néfaste au niveau des processus d'oxydo-réduction ni au niveau de la synthèse de thiamine (vit B₁) qui intervient dans le métabolisme glucidique.

2-6 Minéraux

Si l'on excepte le phosphore, il semble que les fermes sur lesquelles a porté l'étude puissent être groupées 2 à 2.

Il est intéressant de noter que, bien qu'il en soit très riche, le lactosérum n'a aucune influence sur les teneurs plasmatiques en potassium, ce qui signifie que l'excédent qui est absorbé est éliminé. Il en est de même pour le sodium.

Le taux moyen de magnésium plasmatique est normal.

En ce qui concerne ces trois minéraux, la variation des taux entre les mois de Mai et de Septembre dans le sens d'une diminution est liée aux variations saisonnières du reste de la ration. Le lactosérum ne modifie donc en rien les teneurs plasmatiques de ces macroéléments. L'exemple le plus représentatif en est le potassium dont la teneur la plus élevée dans le lactosérum (en Septembre) correspond à la chute du taux plasmatique.

Le problème du calcium est encore plus intéressant ; de nombreux auteurs, dont Poncet et Rayssiguier (1980), ont noté chez la brebis une augmentation de l'absorption de calcium lorsque du lactose était ajouté à la ration.

Ils ont noté aussi une augmentation de la sécrétion de calcium au niveau du petit intestin.

Schingoethe et coll. (1980) n'ont remarqué sur des vaches laitières aucune modification de l'absorption, ni de la rétention des minéraux d'une ration

contenant des proportions variables de lactose ou de poudre de lactosérum.

Les résultats de nos analyses plasmatiques nous montrent que si deux des quatre exploitations semblent avoir des calcémies moyennes satisfaisantes (3) et (4), en réalité seules les teneurs du mois de Mai étaient correctes (bien que faible pour une des deux:(4)). Mais au mois de Septembre toutes les exploitations ont des calcémies nettement inférieures à la normale.

L'augmentation de la diurèse, si elle élimine les excédents de sodium et de potassium du lactosérum n'affecte en rien la rétention du calcium, étant donné la faible part que prend le rein dans son élimination.

Ces hypocalcémies permanentes sont peut-être dues à une inadaptation du rationnement minéral mais comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, elles ont eu des conséquences fâcheuses - or de telles conséquences n'existaient pas ou presque, avant l'introduction du lactosérum.

CONSEQUENCES SUR L'HYGIENE ET LA SANTE DU TROUPEAU

=====

1 - Etat général des animaux

Appréciation subjective s'il en est, l'avis des éleveurs est sur ce point unanime : les animaux sont en meilleur état d'embompoint (ce qui n'est pas forcément une bonne chose) et leur poil est fourni, plus luisant ; autre constatation qui a fait l'objet des premières remarques, la diurèse augmente de façon telle (bien que les vaches fussent rationnées à 45 litres par jour en moyenne) que la consommation de paille pour la litière a augmenté entre 30 et 50% selon les fermes.

Cette augmentation de la diurèse a aussi été constatée par Schingoethe et coll. (1980) qui la mettent sur le compte du sodium et du potassium dont le sérum est riche.

Ils ont aussi noté une diminution de la consistance des fèces lorsque le taux d'incorporation du lactose dans la ration dépassait 30%.

Si de légers ramollissements des matières fécales ont pu être observés pendant la période d'adaptation, ils n'ont pas duré et pendant l'expérimentation, nous n'avons noté aucun problème de ce genre.

2 - Observations de cas pathologiques

Tous les auteurs ayant expérimenté avec du lactosérum ou ses sous-produits ont insisté sur l'importance d'une période de transition lors de l'adjonction de lactose dans la ration d'un adulte.

Des intolérances pouvant survenir pendant cette période d'induction, nous avons étudié les éventuels processus pathologiques en distinguant les deux périodes : celle d'adaptation et celle d'état.

2-1 Période d'adaptation

Les cas de refus du lactosérum sont rares. Lorsqu'ils existent, il faut absolument redonner à l'animal de l'eau en quantité suffisante pour éviter les risques de déshydratation.

Mais la pathologie la plus souvent observée réside dans un syndrome diarrhéique impressionnant : signalée par de nombreux auteurs (Anderson et coll. 1975 - Schingoethe 1976 - Remond et coll. 1978 - Kosikovski 1979), cette diarrhée cède rapidement et sans séquelle à la diminution des quantités de lacto-

sérum offertes. Elle est due à une intolérance passagère au lactose et nécessitera une plus grande progressivité de la période d'adaptation.

Nous n'avons, pour notre part, noté aucun cas de refus et deux animaux seulement (sur 280 observés) ont présenté un épisode diarrhéique fugace sans séquelle.

2-2 Cas observés après la période d'adaptation

Nous avons été confrontés environ deux mois après la fin de la période d'adaptation à un syndrome "parétique" qui affectait des vaches en pleine lactation (2 à 5 mois environ après le vêlage). Ce syndrome est apparu dans deux des quatre exploitations seulement (fermes 2 et 3) et se manifeste par les symptômes suivants :

- les animaux sont en décubitus et refusent de se lever malgré les plus vives sollicitations.
- la température rectale reste normale et aucun des animaux atteints n'a présenté de phase comateuse.
- cette affection a atteint les vaches connues comme les plus gourmandes du troupeau et elles ont toujours gardé bon appétit (sauf dans trois cas qui furent fatals).
- nous n'avons noté ni météorisation ni diarrhée, ni mammite à ce stade.
- deux évolutions sont à différencier à ce stade : un fait du hasard voulut qu'un type d'évolution apparut dans la ferme 3 et l'autre dans la ferme 2.

Dans la ferme 3 ; en l'espace de dix jours, huit animaux sont atteints, six d'entre eux guérissent sans séquelle ni récidence à la suite d'une injection intraveineuse de sels de calcium. Une vache nécessite deux interventions et se remet d'aplomb alors que la dernière sombre, malgré trois traitements, dans un coma dont elle ne se relève pas.

Dans la ferme (2) ; douze animaux furent atteints pendant la période expérimentale (Mai-Septembre) en présentant pendant les premières vingt quatre heures les symptômes assez frustes exposés ci-dessus.

Un premier traitement (à base de sels de calcium) fut totalement inefficace et vingt quatre heures après l'apparition du syndrome "vache couchée", on constate l'apparition d'une mammite aiguë (le lait ressemble à du jus d'orange), d'une diarrhée violente qui devient sanguinolente. On observe une légère hypothermie chez quelques malades, la température rectale restant normale dans la plupart des cas.

Les traitements instaurés, outre des sels de calcium et magnésium et des hépatoprotecteurs comportent des antibiotiques :

- pénicilline (CLAMOXYL N.D.)
- tétracycline (ENGEMYCINE N.D.)
- Borgal N.D.

Dix des douze animaux atteints guérissent après plusieurs interventions du vétérinaire traitant.

Deux meurent (dont un traité au Borgal) après avoir sombré dans un coma agité et des prélèvements bactériologiques effectués sur un des cadavres mirent en évidence des germes du genre Clostridium dans la moelle épinière.

3 - Diagnostic et traitement

Dans le cas de la ferme (2), il apparait que nous ayons eu affaire à un syndrome de type entérotoxémique à Clostridium, le diagnostic reposant sur le complexe symptômes-bactériologie-traitement.

Pour l'affection ayant sévi dans la ferme (3), le diagnostic symptomatologique et thérapeutique d'hypocalcémie a été porté mais toujours d'après les traitements instaurés, il est insuffisant.

4 - Etiologie-Pathogénie

Le syndrome (2) semble avoir eu pour point de départ un accident du genre acidose ; en effet il affecte les vaches les plus gourmandes et cet éleveur est le seul à avoir distribué dans la ration des betteraves fourragères, ce qui a pu provoquer (avec le lactosérum) un excès d'énergie facilement fermentescible. Cet excès entraîne une augmentation des acides acétique et butyrique dans le rumen (Balamut et Koval 1980) - phénomènes déjà cités plus haut. Or ce sont principalement les *Clostridium* qui produisent l'acide butyrique dans le rumen (Audigié 1977).

Il y a donc eu, par cet excès, prolifération des *Clostridium* qui, à la faveur d'un stress ont créé cette affection.

En ce qui concerne l'hypocalcémie que dans certains cas on peut associer à ce syndrome "vache couchée", les teneurs générales en calcium plasmatique tendent à le prouver. Néanmoins un approfondissement de la possibilité d'une telle étiologie n'est pas évident.

L'inadaptation du rationnement minéral semble indiscutable.

Le cas de la ferme (1) est à éliminer vu que la ration de base (voir chap. IV) est à base d'ensilage de maïs toute l'année.

Si l'on compare les exploitations (3) et (4) : au moment où les accidents sont survenus, elles avaient la même ration estivale (herbe de pâturage) - seul le mode de distribution est différent - le même condiment minéral (CMV 10-20).

Ce condiment minéral associé à l'herbe s'est révélé insuffisant mais un phénomène adjacent a dû se produire et nous doutons que le calcium ait sa digestibilité augmentée par le lactose du lactosérum (ce dernier fait est d'ailleurs fortement contesté - Schingoethe et coll. 1980).

Ce fait est d'ailleurs confirmé par des résultats d'enquêtes sur l'utilisation du lactosérum brut chez la vache laitière effectuées en France dans les départements des Vosges et de la Sarthe qui signalent une augmentation des "fièvres de lait" (sic) dans des troupeaux après l'introduction du lactosérum.

A défaut d'une connaissance plus intime de ce problème, on veillera donc à bien adapter l'apport alimentaire de ces vaches laitières.

Mais l'hypocalcémie n'exolique pas tout ; en effet, malgré une thérapeutique répétée, un animal, au début pas plus atteint que les autres, n'a pu guérir.

Acidose, entérotoxémie suraiguë ? Dans l'impossibilité où nous étions d'entreprendre des investigations plus poussées nous laissons, pour l'instant, ce problème en suspens.

5 - Autres observations

5-1 Mammites

Des rapports d'enquêtes signalent dans certains élevages une recrudescence des mammites. Nous n'avons rencontré qu'une fois un tel problème (ferme 3) qui est rentré dans l'ordre assez rapidement.

Il est certain que l'augmentation de la diurèse augmente l'humidité du lisier et que les animaux sont plus enclins à se salir. Il faudra donc veiller à une hygiène de traite des plus vigilantes et essayer de changer la litière plus souvent qu'à l'ordinaire.

5-2 Conséquences à plus long terme

L'utilisation du lactosérum chez la vache laitière ne se fait que depuis quelques années et nous ne disposons que d'éléments fragmentaires pour apprécier les conséquences éventuelles sur la reproduction, entre autres, sur les phénomènes de stérilité ou de déviation du sex-ratio.

Quelques considérations générales se dégagent à l'heure actuelle (d'après des résultats d'enquêtes effectuées dans les Vosges et dans la Sarthe) :

- Il y aurait plus d'interventions au vêlage ; sur le plan nutritionnel pur, il faudrait contrôler l'exactitude des rationnements pour voir s'il ne se greffe pas une surcharge alimentaire indépendante du lactosérum.

- Les veaux qui naissent semblent plus chétifs et plus sensibles aux affections diarrhéiques post-natales. L'origine est inconnue mais peut-être, y-a-t-il un lien entre cette faiblesse des défenses du veau et la diminution des γ -globulines sanguines de la mère (Bowmann et Huber 1967) qui entraînerait une baisse des teneurs en γ -globulines du colostrum.

Ces problèmes restent entiers mais des précautions peuvent être prises en attendant leur résolution.

5-3 Les maladies contagieuses

Le rôle de vecteur de maladies contagieuses du lactosérum liquide est potentiellement très important.

Outre la listériose, la leptospirose et bon nombre d'autres maladies (à virus par exemple) et si la tuberculose semble en voie d'éradication - avec toutes les réserves que cela implique - la brucellose hante encore les étables et les esprits.

D'une façon générale, quel que soit le type de fromage fabriqué (pâte cuite ou non) il y a un risque de contamination lorsque le lait de fabrication n'est pas pasteurisé. Le problème se pose donc sur les fromageries travaillant sur du lait cru. De telles usines se font de plus en plus rares et il leur faudra pasteuriser le lactosérum pour éviter un quelconque risque de contagion.

5-4 Parasitisme

Alfresen (1980) a constaté l'effet bienfaisant du lactosérum sur l'infestation ascaridienne chez le porc.

Aucune étude n'a été faite chez la vache laitière à ce jour et le sujet pourrait être intéressant.

6 - Précautions et prophylaxies

Hormis les conséquences sur la reproduction, pour lesquelles un plus ample recul est nécessaire, les éventuels processus pathologiques observés peuvent être réduits à néant par des manipulations simples.

6-1 Précautions nutritionnelles

La plus importante sera d'aménager une période de transition très progressive lors de l'introduction du lactosérum dans la ration. En cas de refus, insister mais laisser de l'eau à boire. Dès l'apparition de diarrhées, il faudra diminuer pendant quelques temps puis reprendre très lentement.

On veillera à ne pas distribuer en même temps que le lactosérum une autre source d'énergie très fermentescible (betteraves, ensilage de blé ...).

Le rationnement minéral devra être particulièrement soigneux et l'on essayera en particulier de bien adapter les apports calciques.

Bien que la vache laitière puisse en consommer de grandes quantités, il est prudent, au moins au début, de rationner les quantités offertes à une cinquantaine de litres par jour. S'il est offert en libre service dans des abreuvoirs communs, il faut prévoir une longueur suffisante pour réduire l'incidence des comportements de compétition.

On évitera de donner du lactosérum aux vaches tarées.

6-2 Mesures d'hygiène générale

Sans les rappeler toutes, l'hygiène de la traite par exemple trouve avec le lactosérum toute sa raison d'être.

Les litières seront changées plus souvent et l'on fera particulièrement attention à la propreté des installations distributrices.

Bien que nous n'ayons pas rencontré de problème particulier avec les mouches, il faudra quand même veiller à une désinsectisation des locaux si le besoin s'en fait sentir.

6-3 Prophylaxie médicale et sanitaire

On pourra en outre vacciner les vaches contre l'entéroroxémie.

Cette opération déjà pratiquée par de nombreux éleveurs ne peut être que bénéfique.

On pourra aussi stimuler les défenses non spécifiques de la mère et celles du veau (par exemple par injection de γ -globulines à la naissance).

Notre expérience sur le terrain nous a montré qu'en respectant scrupuleusement les règles que dicte le bon sens, on arrive à utiliser, sans ennuis majeurs, le lactosérum liquide chez la vache laitière.

L'évidence même conseille de n'utiliser que des lactosérums pasteurisés ou provenant d'usines travaillant sur des laits pasteurisés.

C O N C L U S I O N S

=====

Le lactosérum a été pendant longtemps et continue d'être un sous-produit gênant pour l'industriel fromager. Or il peut trouver un débouché intéressant en alimentation animale, en particulier pour la vache laitière.

Sa richesse en lactose lui confère d'une part une valeur énergétique qui le met au rang des aliments concentrés, d'autre part l'aptitude de favoriser la synthèse de protéine microbienne dans le rumen à partir d'azote non protéique. Il peut élever considérablement la valeur nutritionnelle d'une ration de base classique et ainsi économiser les concentrés habituels à base de céréales.

Son emploi ne peut être pleinement bénéfique que par l'observation précise d'un certain nombre de règles : respect d'une période d'adaptation de quinze jours, distribution rationnée, correction minérale appropriée, choix judicieux des aliments qui lui sont associés.

L'introduction de lactosérum dans l'alimentation de la vache laitière n'a aucune répercussion défavorable sur la qualité du lait produit. Elle provoque au contraire une élévation très constante du taux butyreux et parfois une augmentation plus modeste du taux azoté.

Les répercussions pathologiques liées à l'emploi de cet aliment ne sont pas systématiques et leur ampleur reste modeste. Certains paramètres plasmatiques peuvent être modifiés mais ces modifications ne s'accompagnent que très rarement de manifestations cliniques. Il faudra cependant surveiller avec vigilance la qualité des laits utilisés dans les fromageries de façon à éliminer un quelconque risque de transmission de maladies contagieuses.

Bénéficiant d'un prix hautement compétitif vis-à-vis des autres aliments concentrés énergétiques, au moins dans un certain rayon autour de l'usine productrice, le lactosérum ne doit plus mériter l'appellation de "sous-produit".

Vu :
LE DIRECTEUR
de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,

[Signature]

Vu :
~~LE DOYEN,~~

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'École Nationale Vétérinaire,

[Signature]
Dr Claude JEAN-BLAIN

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

[Signature]

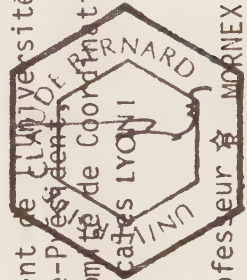
Vu et permis d'imprimer

20 NOV. 1981

19

LYON, le

Pour le Président de l'Université LYON I
Le Premier Vice-Président,
Président du Comité de Coordination
des Etudes Médicales LYON I



Professeur  MORNEX

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

=====

- 1 - ADRIAN J., BOURLIER G., 1980
Composition minérale du lactosérum.
Le Lait 60, 447-457.
- 2 - ALAIS Ch., 1975
Sciences du lait. Principes des techniques
laitières.
SEP Ed. Paris.
- 3 - ALFREDSEN S.A., 1980
The effect of feeding whey on ascarid infection
in pigs.
Vet. Record 107 (8), 179-180.
- 4 - ALI R., EVANS J.L., 1967
Effects of dietary composition on serum calcium and
serum alkaline phosphatases activity in the
growing rat.
J. Dairy Sci. 50, 1857-1859.
- 5 - ALTMANN P.R., DITTMER D.S., 1974
Biology data book.
2nd Edition. 3, 1963.
- 6 - ANDERSON M.J., 1975
Metabolism of liquid whey fed to sheep.
J. Dairy Sci. 58 1856-1859.
- 7 - ANDERSON M.J., LAMB R.C., MICKELSEN C.H., WISCOMBE R.L.,
1974
Feeding liquid whey to dairy cattle.
J. Dairy Sci. 57, 1206-1209.
- 8 - ANDERSON M.J., LAMB R.C., MICKELSEN C.H., 1975
Liquid whey as a feed supplement for lactating cows.
J. Dairy Sci. 58, 748 (Res.)

- 9 - Anonyme, 1979
La valorisation des sérums.
Cahier des Ing. Agron. 335, 7-13.
- 10 - AUDIGIE Cl., 1977
Biochimie métabolique.
Ed. Doin-Paris.
- 11 - BALAMUT N.I., KOVAL M.P., 1979
Metabolism of cows fed on haylage and carbohydrate feeds (Russe).
Nauchnye Osnovy Razvitiya Zhivotnovodstva v BSSR.
9, 36-39.
- 12 - BOWMANN R.L., HUBER J.T., 1967
Effect of dietary lactose on milk composition and rumen volatile fatty acids.
J. Dairy Sci. 50, 579-581.
- 13 - BRIGGS J. in DEVAUX G., 1970
Choix de techniques de biochimie clinique.
29-32, Ed. Gauthier-Villars, Paris.
- 14 - COULON J.B., REMOND B., JOURNET M., 1979
Pouvoirs d'encombrement comparés d'un lactosérum liquide et d'un aliment concentré.
Bull. Techn. CRZV Theix, 36, 9-13.
- 15 - EHOUSOU M.A., 1976
Etude de la digestion du lactose chez le mouton.
Th. Docteur Ingen., Université de Clermont-Ferrand
II. n° 77, 105 p.
- 16 - EHOUSOU M.A., THIVEND P., 1976
Utilisation du lactose et de l'urée dans l'alimentation de l'agneau sevré à l'engrais.
in 2° J. Rech. Ov. Capr. Paris 2-3 Déc. 144-154.
Ed. ITOVIC-SPEOC, Paris.

- 17 - FEVRIER C., CHAUVEL J., 1977
Lactosérum et sous-produits laitiers dans l'alimentation du porc. Ed. Inst. Techn. Porc, Paris.
- 18 - FEVRIER C., TOULLEC R., 1981
Utilisation du lactosérum dans l'alimentation animale : Considérations nouvelles. Techn. Lait 952, 47-56.
- 19 - FORSUM E., HAMBRAEUS L., 1977
Nutritional and biochemical studies of whey products. J. Dairy Sci. 60, 370-377.
- 20 - FOURNIER P.L., DUPUIS Y., 1963
De l'action curative du lactose à l'encontre des divers troubles consécutifs à la carence physiologique en calcium. J. Physiol. Paris, 55, 569-579.
- 21 - GLASS L., HEDRICK T.I., 1977
Nutritional composition of sweet and acid-type dry wheys ; 2 - Vitamins, minerals and caloric contents. J. Dairy Sci. 60 (2), 190-196.
- 22 - GOSSET C., 1981
Aspects statistiques et économiques de l'industrie du lactosérum. Techn. Lait. 952, 13-16.
- 23 - GUTMANN I., WAHLEFELD A.W., 1974
in BERGMAYER H.U. Methods of enzymatic analysis. 1464-1468. Academic Press Inc. London and New-York.
- 24 - HODEN A., 1977
L'abreuvement des vaches laitières. Bull. Techn. CRZV Theix, 28, 9-15.

- 25 - HUBER J.T., POLAN C.E., ROSSER R.A., 1967
Effect of whey on milk composition and rumen volatile fatty acids in restricted-roughage rations.
J. Dairy Sci. 50, 687-691.
- 26 - HUBER J.T., EMERY R.S., THOMAS J.W., YOUSEF I.M., 1966
Milk fat synthesis on restricted roughage rations containing whey, sodium bicarbonate and magnesium oxyde.
J. Dairy Sci. 52 (1), 54-59.
- 27 - IMBERT-PONDAVEN A., 1977
Etude de la composition des lactosérums au cours de leur conservation.
Le Lait, 568, 521-546.
- 28 - INRA, 1978
Alimentation des ruminants.
Ed. INRA Publications. Versailles.
- 29 - KELLY J.M., 1977
Changes in serum D-(3)-hydroxybutyrate concentrations in dairy cows kept under commercial farm conditions.
Vet. Record, 101, 499-502.
- 30 - KOSIKOVSKI F.V., 1979
Whey utilization and whey products.
J. Dairy Sci. 62 (7), 1149-1160.
- 31 - KRONFELD D.S., 1971
Hypoglycemia in ketotic cows.
J. Dairy Sci. 54, 949-961.
- 32 - LEJARD-DESMARIS M., 1977
Contribution à l'étude du fonctionnement du laboratoire interprofessionnel laitier du Cher.
Th. Méd. Vét. Lyon n° 9694, 30-36.
- 33 - MAVROPOULOU I.P., KOSIKOVSKI F.V., 1973
Free aminoacids and soluble peptids of whey powders.
J. Dairy Sci. 56, 1135-1138.

- 34 - MELLANBY J., WILLIAMSON D.H., 1974
in BERGMAYER H.U. Methods of enzymatic analysis.
4, 1840-1843. Academic Press Inc. London and New-York.
- 35 - NELSON B.D., ELLZEY H.D., MORGAN E.B., ALLEN M., 1968
Effects of feeding lactating dairy cows varying forage-to-concentrate rations.
J. Dairy Sci. 51, 1796-1799.
- 36 - PEPER R.C., PARSONS J.G., SCHINGOETHE D.J., 1971
Lipid composition of milk as influenced by whey products in the ration.
J. Dairy Sci. 54, (1), 750 (Res)
- 37 - PONCET C., RAYSSIGUIER Y., 1980
Effect of lactose supplement on digestion on lucerne hay by sheep ; 1-2.
J. Animal Sci. 51 (1), 180-185.
- 38 - REMOND B., MARQUIS B., HODEN A., JOURNET M., 1978
Utilisation du lactosérum par les vaches laitières.
Bull. Techn. CRZV Theix, 33, 53-59.
- 39 - ROGERS G.F., WELCH J.G., NILSON K.M., SMITH A.M., 1977
Digestibility of liquid whey by steers and cows.
J. Dairy Sci. 60, 1559-1562.
- 40 - SCHINGOETHE D.J., STAKE P.E., OWENS M.J., 1973
Whey components in restricted roughage rations, milk composition and rumen volatile fatty acids.
J. Dairy Sci. 56, 909-914.
- 41 - SCHINGOETHE D.J. 1976
Whey utilization in animal feeding : a summary and evaluation.
J. Dairy Sci. 59, 556-570.
- 42 - SCHINGOETHE D.J., ROOK J.A., 1976
Ration digestibility and mineral balance in lactating cows fed rations containing dried whey.
J. Dairy Sci. 59, 992-996.

- 43 - SCHINGOETHE D.J., SKYBERG E.W., BAILEY R.W., 1980
Digestibility, mineral balance and rumen fermentations by steers of rations containing large amounts of lactose or dried whey.
J. Dairy Sci. 63, 762-774.
- 44 - THIVEND P., 1977
Utilisation de l'ultrafiltrat de lactosérum dans l'alimentation du ruminant.
Econ. Agric. 3, 25-27.
- 45 - TRINDER P., 1969.
Ann. Clin. Biochem. 6, 24.
- 46 - VARNAM G.C.E., JEACOCK M.K., SHEPHERD D.A.L., 1978
Hepatic ketone-body metabolism in developing sheep and pregnant ewes.
Br. J. Nutr. 40, 359-367.
- 47 - VEISSEYRE R., 1975
Technologie du lait. La Maison Rustique Ed. Paris.
- 48 - VERMOREL D., THIVEND P., 1977
Utilisation de l'ultrafiltrat de lactosérum comme source d'énergie dans l'alimentation du taurillon.
Bull. Techn. CRZV Theix 27, 5-12.
- 49 - WALKERD J., 1968
The position of lactic acid and its derivatives in the nutrition and metabolism of ruminants.
Nutr. Abstr. Rev. 38, 1-11.
- 50 - WILLIAMSON D.H., MELLANBY J., 1974
in BERGMAYER H.U. Methods of enzymatic analysis. 4, 1836-1839. Academic Press Inc. London and New-York.
- 51 - WONG N.P., LA CROIX D.E., Mc DONOUGH F.E., 1978
Minerals in whey fractions.
J. Dairy Sci. 61, 1700-1703.

52 - WYETH T.C., 1972

Chemical analysis of whey powders.

J. Soc. Dairy Technol. 25, (3) 135-139.

Imprimerie Offset Vaubecour
L'Imprimerie des Étudiants lyonnais
11, rue Vaubecour
69002 LYON - Tél. (7) 842-45-85

Imprimerie Offset Vaubecour
L'Imprimerie des Étudiants lyonnais

11, rue Vaubecour
69002 LYON - Tél. (7) 842-45-85